



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Ana Soraia Esteves Fiúza

Melhoria de uma linha de produção aplicando princípios *Lean Thinking* numa empresa de componentes para a indústria do ramo automóvel

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do(s)

Professora Doutora Anabela Carvalho Alves

Junho de 2020

## DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

### *Licença concedida aos utilizadores deste trabalho*



Atribuição–NãoComercial–SemDerivações 4.0 Internacional  
(CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## AGRADECIMENTOS

Depois de dar por concluído este projeto, gostaria de deixar alguns agradecimentos não só às pessoas que me ajudaram na elaboração desta dissertação mas a todas que se cruzaram comigo ao longo dos últimos 5 anos.

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus pais, sem eles nada do que consegui atingir até agora seria possível, quero agradecer por sempre me apoiarem sempre nas tomadas de decisão e nunca serem um entrave às mesmas.

Um agradecimento ao engenheiro que me acolheu nos primeiros meses de estágio, Cláudio Monteiro, pelo apoio prestado e pela disponibilidade em ajudar em tudo o que era necessário. Quero agradecer, também ao engenheiro Raúl Oliveira pelo apoio constante durante todo o projeto, e ainda aos restantes colegas de trabalho, em especial à Joana Maia, Alexandre Lima, António Cunha, Líderes de Equipa e Técnicos de Manutenção.

Um especial obrigada á minha orientadora científica, a Professora Doutora Anabela Alves, pela partilha de conhecimento, pelas prontas respostas às minhas dúvidas, e pelas críticas construtivas e sugestões indispensáveis para o bom direcionamento do projeto.

Não posso deixar de referir o apoio do João Miguel, não só ao longo da realização deste projeto, mas também ao longo dos últimos 4 anos. Obrigada pelo apoio constante.

Por fim, um obrigada a todos os meus colegas que me acompanharam ao longo destes 5 anos, e por tornarem esta caminhada mais fácil.

O meu sincero obrigada!

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

## RESUMO

O projeto individual apresentado nesta dissertação foi realizado no âmbito do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial. Este teve lugar na empresa BorgWarner Portugal, tendo como principal objetivo a melhoria dos fluxos de uma linha de produção através da aplicação da metodologia *Lean Production* e pensamento *Lean*, assim como as suas ferramentas.

Este projeto assentou na metodologia de investigação *action-research*, sendo caracterizada por um processo em que o participante tem um papel ativo. Desta forma, este projeto seguiu as cinco fases da metodologia: 1) diagnóstico e identificação do problema(s); 2) planeamento de ações; 3) implementação de ações selecionadas; 4) avaliação do resultado dessas ações; e 5) especificação da aprendizagem.

Durante a primeira fase de análise foram detetadas algumas ineficiências da linha como paragens por falta de material, excesso de *stock*, desperdícios como transportes e esperas, elevados tempos de *setup*, *lead time* e WIP, supermercados não ergonómicos, e desorganização geral. Para esta análise foram usadas algumas ferramentas, como, VSM, método EWA, observações e *brainstorming*.

Posteriormente, após a análise aos problemas identificados, propuseram-se ações de melhoria de forma a reduzi-los. Assim, aplicaram-se ferramentas como análise ABC, SMED, 5S, gestão visual e equação de NIOSH. Além disto, propôs-se uma reestruturação de *layout* e avaliou-se a capacidade da linha face à procura dos clientes, de forma a balancear o stock necessário e suficiente, para que o supermercado da linha em estudo tenha capacidade para satisfazer esta procura.

Para as propostas implementadas foram conseguidos ganhos significativos. Assim, houve uma redução do nível 3 para o nível 2 de risco ergonómico nos supermercados, ganhos de 1769,04€/ano em mão-de-obra parada devido às paragens da linha por falta de material, 2353€/ano em capital empatado devido ao excesso de componentes junto à linha que existia e 7120,36€/ano devido ao excesso de *stock* de produto final. Além destes, obtiveram-se ganhos acima de 35% em redução de *setups* das máquinas em estudo. Esperam-se ainda obter outros ganhos das duas propostas que ainda não tinham sido implementadas devido à paragem da fábrica por causa da crise pandémica provocada pelo COVID-19.

## PALAVRAS-CHAVE

*Lean Thinking*, Desperdícios, Melhoria Contínua, *Setup*, *Lean Logistics*

## ABSTRACT

The individual project presented in this dissertation was carried out within the 5th year of the Integrated Master in Engineering and Industrial Management. This took place at the company BorgWarner Portugal, with the main objective of improving the flows of a production line through the application of Lean Production methodology and Lean thinking, as well as its tools.

This project was based on the action-research investigation methodology, being characterized by a process in which the participant has an active role. Thus, this project followed the five phases of the methodology: 1) diagnosis and identification of the problem (s); 2) action planning; 3) implementation of selected actions; 4) evaluation of the result of these actions; and 5) specification of learning.

During the first analysis phase, some line inefficiencies were detected, such as stops due to lack of material, excess stock, waste such as transport and waiting, long setup times, lead time and WIP, non-ergonomic supermarkets, and general disorganization. For this analysis, some tools were used, such as VSM, EWA method, observations and brainstorming.

Subsequently, after analyzing the identified problems, improvement actions were proposed in order to reduce them. Thus, tools such as ABC analysis, SMED, 5S, visual management and NIOSH equation were applied. In addition, a layout reconfiguration was proposed and the line's capacity was evaluated in view of customer demand, in order to balance the necessary and sufficient stock, so that the supermarket of the line under study has the capacity to satisfy this demand.

For the implemented proposals, significant gains were achieved. Thus, there was a reduction from level 3 to level 2 of ergonomic risk in supermarkets, gains of €1769,04/year in stopped labour due to line stops due to lack of material, €2353,00/year in tied capital due to the excess of components next to the existing line and € 7120,36/year due to excess stock of final product. In addition to these, gains of over 35% were obtained by reducing the setups of the machines under study. Other gains are also expected to be obtained from the two proposals that had not yet been implemented due to the shutdown of the factory due to the pandemic crisis caused by COVID-19.

## KEYWORDS

Lean Thinking, Wastes, Continuous Improvement, Setup, Lean Logistics

# ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xiv
Índice de Equações.....	xvi
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xvii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Metodologia de investigação.....	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	5
2. Revisão Bibliográfica.....	6
2.1 <i>Lean Production</i> .....	6
2.1.1 Origem e história de <i>Lean Production</i> .....	6
2.1.2 <i>Toyota Production System</i> .....	7
2.1.3 Tipos de desperdícios.....	9
2.1.4 Princípios de <i>Lean Thinking</i> .....	10
2.1.5 Algumas ferramentas <i>Lean</i> .....	11
2.2 <i>Lean Logistics</i> .....	16
2.2.1 Supermercado.....	16
2.2.2 Bordo de linha.....	17
2.2.3 Sistema <i>Kanban</i> .....	17
2.3 Sinergia entre <i>Lean</i> e Ergonomia.....	18
2.3.1 Ergonomia.....	18
2.3.2 Ferramentas ergonómicas.....	19
2.3.3 <i>Lean</i> e Ergonomia.....	22

2.4	Tipos de sistemas de produção .....	23
3.	Apresentação da Empresa .....	25
3.1	Identificação e localização .....	25
3.2	BorgWarner Global .....	26
3.3	Estrutura Organizacional da BorgWarner Portugal .....	26
3.4	Visão, Valores, Cultura e Missão .....	26
3.5	Segurança como principal foco.....	27
3.6	Produtos .....	29
3.7	<i>Layout</i> geral da fábrica .....	29
4.	Descrição e análise crítica da situação atual da linha.....	32
4.1	Caraterização da linha.....	32
4.1.1	Descrição da equipa e funcionamento da linha.....	32
4.1.2	Componentes e subconjuntos produzidos na linha .....	33
4.1.3	Processo produtivo da linha, <i>layout</i> e fluxo de materiais .....	33
4.1.4	Abastecimento de Matéria-Prima e Recolha do Produto final.....	36
4.1.5	Funcionamento dos supermercados.....	39
4.2	Análise crítica e identificação de problemas .....	42
4.2.1	Seleção do produto e descrição do processo produtivo do mesmo.....	42
4.2.2	Análise do fluxo de materiais usando o VSM.....	48
4.2.3	Supermercados de estante não ergonómicos .....	54
4.2.4	Paragens devido à falta de componentes.....	56
4.2.5	Excesso de stock de componentes de baixo consumo .....	57
4.2.6	Excesso de <i>stock</i> do produto final .....	58
4.2.7	Elevado tempo de <i>setup</i> na máquina de soldadura CMT.....	61
4.2.8	Síntese dos principais problemas identificados.....	63
5.	Apresentação de propostas de melhoria.....	64
5.1	Aplicação de SMED e 5S .....	64
5.1.1	Máquinas 3 Cabeçais e Neo .....	64
5.1.2	Máquina de Soldadura CMT.....	70
5.2	Reestruturação do <i>layout</i> e redução do número de colaboradores .....	74



5.3	Propostas de melhoria para os supermercados.....	76
5.3.1	Redimensionamento do supermercado de componentes de maior dimensão.....	76
5.3.2	Reorganização dos supermercados de estante de acordo com o peso .....	77
5.3.3	Divisão do supermercado de entrada .....	79
5.3.4	Redimensionamento das quantidades dos supermercados de saída .....	81
5.4	Implementação do indicador de OEE .....	84
6.	Análise e discussão de resultados .....	86
6.1	Redução do tempo de <i>setup</i> .....	86
6.1.1	Máquina 3 cabeçais e Neomek.....	86
6.1.2	Máquina de Soldadura CMT.....	87
6.2	Redução do tempo em esperas na máquina Neo .....	90
6.3	Melhores condições ergonómicas .....	91
6.4	Redução das paragens e do excesso de <i>stock</i> de componentes.....	91
6.5	Melhor organização dos supermercados de saída .....	92
6.6	Maior satisfação dos colaboradores .....	94
6.7	Síntese de resultados .....	94
7.	Conclusão.....	96
7.1	Considerações finais .....	96
7.2	Trabalho futuro.....	98
	Referências Bibliográficas .....	99
	Anexos .....	104
	Anexo 1 – Dados antropométricos .....	105
	Anexo 2 – Multiplicador da Pega .....	106
	Anexo 3 – Multiplicador de Frequência.....	107
	Anexo 4 - Procura diária e semanal.....	108
	Apêndices .....	109
	Apêndice 1 – Subconjuntos produzidos na linha e respetivos componentes .....	110
	Apêndice 2 – Estudo dos tempos para o valor do tempo de ciclo e tempo de <i>setup</i> .....	112
	Apêndice 3 - Tabela de estudo das etapas de <i>setup</i> da máquina 3 Cabeçais e Neo.....	115
	Apêndice 4 - Diagrama de Sequência da máquina Neo.....	117

Apêndice 5 – Estudo dos tempos para o valor do tempo de <i>setup</i> /tabela das etapas de <i>setup</i> da máquina CMT.....	118
Apêndice 6 – Tabela de conversão de atividades internas em externas das máquinas Neo e 3 Cabeçais .....	120
Apêndice 7- Folha de trabalho normalizado das máquinas Neo, 3 Cabeçais e CMT.....	122
Apêndice 8 - Tabela de conversão das atividades internas e externas da máquina CMT .....	126
Apêndice 9 – <i>Standard Work Combination Sheet</i> .....	128
Apêndice 10 – Calculo da equação de NIOSH'91 para as prateleiras superiores e inferiores.....	129
Apêndice 11 – Pesagem de componentes e produto final.....	134
Apêndice 12 – Análise ABC por quantidade de artigos.....	136
Apêndice 13 - Quantidades máximas e mínimas do supermercado de estante.....	138
Apêndice 14 - Quantidades máximas e mínimas do supermercado de chão.....	139
Apêndice 15 – Apresentação utilizada para dar formação aos colaboradores.....	140
Apêndice 16 - Livros de registo da linha 7Y08 .....	142
Apêndice 17 – Inquérito de satisfação de colaboradores .....	145

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Casa TPS (adaptado Liker & Morgan (2006)).....	8
Figura 2 - Avaliação das elevações (Costa, 2004).....	20
Figura 3 - BorgWarner Portugal (Fonseca, 2018).....	25
Figura 4 - Estrutura Organizacional da empresa (BorgWarner, 2019).....	26
Figura 5 - Layout geral da empresa (BorgWarner, 2019).....	30
Figura 6 - Área fabril da empresa (BorgWarner, 2019).....	30
Figura 7 - Layout da linha 7Y08: 1) Cravação; 2) Soldadura; 3) Máquina de soldadura CMT .....	33
Figura 8 - Layout geral com a linha e máquina em estudo salientadas: a verde - máquina de soldadura; a vermelho- linha.....	35
Figura 9 - Posto de trabalho da CMT .....	35
Figura 10 – Detalhe da colocação das peças na máquina CMT .....	36
Figura 11 - Rota dos comboios logísticos na área de Montagem .....	38
Figura 12 - Rota dos comboios logísticos na área de Fugado .....	39
Figura 13 - Supermercado de componentes.....	39
Figura 14 - Supermercado de estante do produto final.....	40
Figura 15 – Tipos de caixa e conteúdo: a) caixa cinza; b) caixa laranja; c) caixa amarela .....	41
Figura 16 - Supermercado de chão .....	41
Figura 17 – Exemplo de etiquetas dos supermercados de entrada.....	42
Figura 18 - Etiqueta de supermercado de saída.....	42
Figura 19 - Lista de materiais do produto a estudar .....	43
Figura 20 - Layout: a) área de cravação; b) área da CMT.....	43
Figura 21 - Fluxo de materiais do produto em estudo .....	44
Figura 22 - Diagrama de análise de processo do produto final E387003XXXXXX .....	45
Figura 23 - Vista da linha com identificação de máquinas: 1) Neo 2) produto final 3) matéria-prima... ..	45
Figura 24 - a) Máquina Neo b) Máquina com os locais de inserção de material salientados.....	46
Figura 25 – a) Máquina de cravação 3 Cabeçais b) Máquina com os locais de inserção de material salientados.....	47
Figura 26 - Máquina Neo ao detalhe .....	48
Figura 27 - Bancada de controlo geométrico .....	48

Figura 28 - VSM do estado atual do produto final .....	49
Figura 29 - Tempo de ciclo das operações nas máquinas vs Takt Time.....	50
Figura 30 - Diagrama de Gantt do tempo total de percurso do produto .....	50
Figura 31 - Etiquetas dos: a) subconjunto flange + tubo; b) subconjunto gás box + casquilho c) produto final.....	51
Figura 32 - Proporção entre atividades AV e NAV na máquina Neo.....	51
Figura 33 - Proporção entre atividades AV e NAV na máquina 3 Cabeçais.....	52
Figura 34 - Estante de ferramentas .....	52
Figura 35 - Disposição das máquinas.....	53
Figura 36 -Estante de entrada de maiores dimensões.....	55
Figura 37 - Análise EWA à manipulação das cargas no supermercado de estantes.....	55
Figura 38 - Valor monetário despendido nas paragens por falta de material .....	56
Figura 39 - Supermercado de componentes .....	57
Figura 40 - Valor monetário investido em componentes em excesso .....	58
Figura 41 - Supermercado de saída (estante) .....	59
Figura 42 - Supermercado de saída (chão) com excesso de caixas (14 caixas).....	59
Figura 43 - Exemplo de etiqueta dos supermercados de saída .....	60
Figura 44 - Valor monetário investido em produtos em excesso .....	61
Figura 45 - Painéis de exposição de gamas .....	62
Figura 46 - Síntese dos desperdícios encontrados na troca de referência e tempo despendido nestes (em segundos) .....	62
Figura 47 - Carrinho para transporte de ferramentas .....	68
Figura 48 - Aplicação do senso Sort .....	68
Figura 49 - Template da etiqueta de identificação de ferramentas.....	69
Figura 50 - Aplicação do terceiro senso Seiso.....	69
Figura 51 – a) Depósito de ferramentas dentro da máquina; b) armário de arrumação da máquina ...	73
Figura 52 - Aplicação do senso Sort .....	74
Figura 53 - Proposta de reestruturação de layout.....	75
Figura 54 - Tipos de caixa a) com má pega; b) com pega boa.....	78
Figura 55 - Análise ABC por quantidade de artigos .....	79
Figura 56 - Etiqueta proveniente do armazém de cor verde.....	80
Figura 57 - Etiqueta proveniente do armazém a) cor amarela; b) cor rosa .....	81

Figura 58 - Etiqueta proposta dos supermercados de saída .....	83
Figura 59 - Excerto de livro de registo da área 7Y08-2 .....	84
Figura 60 - Excerto do livro de registo da área 7Y08-3 .....	85
Figura 61 – Fichas harting e maquetes a) Antes; b)/c) Depois.....	87
Figura 62 - Gamas operatórias: Antes - a) capa de argolas; b) disposição na bancada; Depois c) proposta implementada .....	88
Figura 63 - Arrumação do material junto à máquina: Antes- a)dentro da máquina; b)armário; Depois – c) proposta implementada .....	88
Figura 64 - Comparação entre antes e depois da implementação de SMED na máquina CMT .....	89
Figura 65 – Evolução dos resultados das auditorias 5S .....	90
Figura 66 - Valor monetário despendido em a) paragens por falta de material; b) excesso de componentes.....	92
Figura 67 - Estante de saída: a) antes; b) depois .....	93
Figura 68 - Valor monetário despendido em stock de produto final .....	93
Figura 69 - Diagrama de Sequência da máquina Neo .....	117
Figura 70 - Folha de trabalho normalizado da máquina 3 Cabeçais .....	122
Figura 71 - Folha de trabalho normalizado da máquina Neo .....	123
Figura 72 - Folha de trabalho normalizado da máquina de soldadura CMT.....	125
Figura 73 - Standard Work Combination Sheet das máquinas Neo e 3 Cabeçais .....	128
Figura 74 - Apresentação apresentada aos colaboradores (parte 1) .....	140
Figura 75 - Apresentação apresentada aos colaboradores (parte 2) .....	141
Figura 76 - Registo de produção da área 7Y08-2 (página 1).....	142
Figura 77 - Registo de produção da área 7Y08-2 (página 2).....	143
Figura 78 - Registo de produção da área 7Y08-3 .....	144
Figura 79 - Registo de produção da área 7Y08-4 .....	144
Figura 80 - Inquérito de satisfação de colaboradores .....	145

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Fases da metodologia SMED.....	13
Tabela 2 - Classificação do Índice de Elevação .....	22
Tabela 3 - Produtos da empresa (BorgWarner, 2019) .....	29
Tabela 4 – Tipo de máquina, número, código e respetiva descrição.....	34
Tabela 5 - Dimensões das estantes de entrada.....	40
Tabela 6 - Tabela síntese da informação do diagrama de sequência .....	53
Tabela 7 - Altura das prateleiras críticas das estantes .....	54
Tabela 8 - Síntese dos principais problemas.....	63
Tabela 9 - Plano de ações usando a técnica 5W2H .....	64
Tabela 10 - Atividades da troca de referência da máquina 3 Cabeçais .....	65
Tabela 11 - Atividades da troca de referência da máquina Neo .....	66
Tabela 12 - Atividades da troca de referência da máquina CMT .....	70
Tabela 13 - Valores de PLR para a estante de produto final .....	77
Tabela 14 - Valores de PLR para as estantes de entrada.....	78
Tabela 15 - Distribuição dos pesos pelas prateleiras.....	78
Tabela 16 - Resultados obtidos através da análise ABC .....	79
Tabela 17 - Capacidade da estante de saída .....	82
Tabela 18 - Excerto da tabela do apêndice 13 .....	83
Tabela 19 - Ganhos obtidos pela implementação do carrinho e 5S na máquina Neo .....	86
Tabela 20 - Ganhos obtidos pela implementação do carrinho e 5S na máquina 3 Cabeçais .....	87
Tabela 21 – Comparação do tempo total e distância percorrida (antes vs depois).....	89
Tabela 22 - Melhorias esperadas com a proposta apresentada na seção 5.2 .....	91
Tabela 23 - Ganhos obtidos pela proposta da secção 5.3.3 .....	92
Tabela 24 - Ganhos obtidos pela proposta de redimensionamento dos supermercados.....	93
Tabela 25 - Síntese de resultados obtidos .....	94
Tabela 26 – Cash Flow do tempo de recuperação .....	95
Tabela 27 - Dados antropométricos da população portuguesa adulta.....	105
Tabela 28 - Multiplicador da pega .....	106
Tabela 29 - Multiplicador de frequência.....	107
Tabela 30 - Procura diária e semanal dos produtos .....	108

Tabela 31 - Subconjuntos produzidos na linha e respetivos componentes .....	110
Tabela 32 - Observações do tempo de ciclo .....	112
Tabela 33 - Cálculo do valor de N' e análise .....	113
Tabela 34 - Observações do tempo de ciclo da bancada .....	113
Tabela 35 - Tempos de setup das máquinas e bancada .....	113
Tabela 36- Cálculo do valor de N' e análise .....	114
Tabela 37 – Tabela de estudo das etapa das de setup da máquina 3 cabeçais.....	115
Tabela 38 – Tabela de estudo das etapas de setup da máquina Neo.....	115
Tabela 39 - Observações dos tempos de setup da máquina CMT.....	118
Tabela 40 - Cálculo do valor de N' e análise .....	118
Tabela 41 – Tabela de estudo das etapas de setup da máquina CMT .....	118
Tabela 42 - Tabela de conversão de tempos de setup da máquina 3 Cabeçais.....	120
Tabela 43 - Tabela de conversão da máquina Neo .....	120
Tabela 44 - Tabela de conversão de tempos de setup na máquina CMT .....	126
Tabela 45- Pesagem e alocação dos componentes de elevado consumo.....	134
Tabela 46- Pesagem e alocação dos componentes de baixo consumo .....	134
Tabela 47 - Pesagem e alocação dos produtos finais.....	135
Tabela 48 - Análise ABC por quantidade de artigos.....	136
Tabela 49 - Definição das quantidades do supermercado de estante .....	138
Tabela 50 - Definição das quantidades do supermercado de chão .....	139

## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Cálculo do índice de disponibilidade.....	15
Equação 2 - Cálculo do índice de velocidade .....	15
Equação 3 – Cálculo do índice de qualidade .....	16
Equação 4 - Cálculo de OEE .....	16
Equação 5 - Cálculo de PLR.....	21
Equação 6 -Cálculo do número de observações.....	112
Equação 7 - Cálculo de PLR para a prateleira inferior .....	130
Equação 8 - Cálculo de PLR para a prateleira superior .....	130
Equação 9 - Cálculo de PLR para prateleira inferior de elevado consumo (boa pega).....	131
Equação 10 - Cálculo de PLR para prateleira inferior de elevado consumo (má pega) .....	131
Equação 11 - Cálculo de PLR para prateleira superior de elevado consumo (boa pega).....	131
Equação 12 - Cálculo de PLR para prateleira superior de elevado consumo (má pega).....	132
Equação 13 - Cálculo de PLR para prateleira inferior de baixo consumo (boa pega) .....	132
Equação 14 - Cálculo de PLR para prateleira inferior de baixo consumo (má pega) .....	133
Equação 15 - Cálculo de PLR para prateleira superior de baixo consumo (boa pega).....	133
Equação 16 - Cálculo de PLR para prateleira superior de baixo consumo (má pega) .....	133



## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

- 3M – Muda; Mura; Muri
- A – Assimetria
- AV – Acrescenta valor
- CC – Constante de carga
- CMT – *Cold Metal Transfer*
- D – Distância vertical
- EPI – Equipamento de Proteção Individual
- FIFO – *First In First Out*
- FIOH – Instituto Finlandês de Saúde Ocupacional
- GPCM – *Glow Plug Control Module*
- H – Distância Horizontal
- IE – Índice de Elevação
- JIT – *Just-In-Time*
- MF – Multiplicador da frequência
- MIT – *Massachusetts Institute of Technology*
- MOD – Mão-de-Obra
- MP – Multiplicador da pega
- NAV – Não acrescenta valor
- NIOSH – *National Institute of Occupational Safety and Health*
- OEE – *Overall Equipment Effectiveness*
- PLR – Peso Limite Recomendado
- SMED – *Single Minute Exchange of Die*
- SPOF – Sistema de produção orientado à função ou processo
- SPOP – Sistema de produção orientado ao produto
- SRW – *Storage Racks Warehouse*
- TAW – *Transaction Area Warehouse*
- TC – Tempo de ciclo
- TPS – *Toyota Production System*
- TS – Tempo de *setup*
- TT – *Takt time*

V – Altura das mãos no início da elevação

VSM - *Value Stream Mapping*

WIP - *Work in Process*

# 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentado um enquadramento geral ao tema em estudo, assim como aos objetivos que se pretendem atingir, a metodologia de investigação usada e ainda é apresentada a estrutura da dissertação.

## 1.1 Enquadramento

O sector automóvel testemunhou um crescimento significativo na economia (Valenzuela, Estocalenko, Rojas, & Raymundo, 2019) e hoje, a globalização da produção e a forte concorrência existente exigem que os fabricantes sejam os melhores, e melhorem diariamente (Nitu & Gavriluta, 2019).

Para lidar com esta concorrência, as organizações devem ter uma estrutura bem planeada e estruturada (Lanke, Ghodrati, & Lundberg, 2016), devem acompanhar a evolução do mercado, ter uma ampla gama de produtos, ter uma fácil adaptação às mudanças, prazos de entrega cumpridos, produtos de alta qualidade, otimização dos processos e equipamentos de produção (Gal, Mortoiu, Tanasoiu, Tanasoiu, & Muller, 2019) e com isto, atingir a satisfação do cliente.

Para atingir estas necessidades, muitas empresas da indústria automóvel recorrem à metodologia *Lean Production* (Marodin, Frank, Tortorella, & Fetterman, 2019). O termo *Lean Production* surgiu no livro "*The Machine that changed the world*" escrito por Womack, Jones e Roos no ano 1990. Este livro relata um estudo abrangente sobre a indústria automóvel mundial realizada pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Neste estudo ficaram evidentes as vantagens do *Lean Production*, uma vez que trazia enormes diferenças em diversos campos, como produtividade, qualidade e desenvolvimento de produtos. De um modo geral, mostrava o sucesso da indústria japonesa, em particular, da empresa Toyota, com a aplicação desta metodologia em comparação com as empresas americanas (Womack, Jones, & Roos, 1990). Desta forma, estes autores adotaram a denominação *Lean Production* como sendo o termo ocidental da *Toyota Production System* (TPS) (Monden, 1998), sendo que, mais tarde, propuseram os princípios *Lean Thinking* (Womack & Jones, 1996).

A metodologia *Lean Production* é um modelo organizacional de produção que tem como foco a satisfação do cliente, procurando assim a eliminação de todos os desperdícios. Ohno (1988) deu o nome de desperdício a todas as atividades que não acrescentam valor ao produto e que o cliente não está disposto a pagar, como esperas, movimentos de pessoas, transportes de materiais, produtos defeituosos, sobreprodução, *stocks* e sobreprocessamento. De modo a identificar estes desperdícios e

a combatê-los foram surgindo metodologias e ferramentas tais como: 5S, *Value Stream Mapping* (VSM), Poka-Yoke, Gestão Visual, entre outras (Ortiz, 2006). Esta metodologia procura “fazer mais com menos” (Womack et al., 1990), ou seja, fazer mais com menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo de desenvolvimento de produtos, menos espaço e menos tempo de *setup* de modo a conseguir poupar recursos e a manter a produtividade (Womack et al., 1990).

Segundo Womack & Jones, (1996), o pensamento *Lean* é composto por cinco princípios: 1) Definir Valor, 2) Identificar a cadeia de valor, 3) Garantir fluxo, 4) Implementar Produção *Pull*, 5) Perseguir a perfeição. Com isto pretende-se melhorar continuamente o sistema de produção, procurando a perfeição. Em muitas empresas, devido à evolução natural do mercado, os sistemas de produção são propensos a ficar desatualizados, uma vez que frequentemente o *layout* do sistema de produção permanece praticamente o mesmo desde o início da empresa (Alves et al., 2016). Assim, com o mercado em constante evolução, é necessário que a própria empresa também esteja a acompanhar os pedidos dos clientes e conseguir uma maior satisfação por parte dos mesmos, desta forma é necessário que os sistemas de produção sejam ágeis, dinâmicos e não estáticos (Alves, Sousa, Dinis-Carvalho, & Moreira, 2015).

A empresa onde se realizou o estudo para a realização da dissertação é uma empresa de origem Norte-Americana denominada BorgWarner Inc, em Portugal representada pela Unidade de Negócios *Emissions Thermal and Turbo Systems*. Esta empresa é uma empresa de indústria automóvel, produzindo essencialmente componentes para motores, transmissões e sistemas de condução de fluidos e gases.

Esta organização já aplica nos seus projetos conceitos da metodologia Lean, tendo sido realizadas algumas dissertações, nomeadamente, Dias (2013) e Correia (2018), com o intuito de melhorar dia após dia, de modo a satisfazer os seus clientes garantindo a qualidade do produto. Neste sentido, o trabalho desenvolvido nesta dissertação passou pela melhoria da linha dos Capacitários (7Y08), este nome provém das próprias máquinas pertencentes à mesma, uma vez que estas são máquinas com bastante capacidade, isto é, tem maior capacidade que as restantes na produção, conseguindo produzir um número de peças superior no mesmo tempo que as restantes. Esta linha produz apenas componentes internos, ou seja, componentes para serem consumidos na empresa BorgWarner, tanto são consumidos na mesma linha (Auto fornecedores) como são consumidos noutras. No entanto, nesta linha foram detetados alguns problemas como faltas de material, excessos de *stock*, e desperdícios

como o tempo em esperas e transportes, que se pretenderam resolver com este projeto de dissertação.

## 1.2 Objetivos

O objetivo principal desta dissertação passou pela melhoria dos fluxos de uma linha de produção através da aplicação da metodologia *Lean Production* e pensamento *Lean* assim como as suas ferramentas, para concretizar este objetivo, foi necessário realizar as seguintes etapas:

- Identificar a sequência do processo do produto a produzir na linha;
- Calcular *Takt Time* e medir tempos de ciclo e de preparação;
- Redefinir fluxo de materiais;
- Organizar os supermercados de abastecimento à linha;
- Redimensionar a quantidade máxima e mínima do supermercado;
- Dar formação aos colaboradores.

Com este projeto pretendeu-se:

- Reduzir as paragens da linha por falta de material;
- Reduzir os *stocks* de componentes de baixo consumo;
- Reduzir desperdícios como esperas e transportes;
- Reduzir tempos de *setup*;
- Aumentar a produtividade;
- Reduzir custos.

## 1.3 Metodologia de investigação

Para a realização deste projeto de dissertação, o primeiro passo prendeu-se na pesquisa de informação que englobou várias fontes bibliográficas, como dissertações, livros e artigos científicos, acerca do tema que engloba esta proposta: o *Lean Production* e as suas ferramentas. Após concluir a pesquisa, as informações foram sujeitas a uma revisão crítica da literatura, e assim toda a informação foi sintetizada. Com isto, pretendeu-se apurar o conhecimento acerca das ferramentas a utilizar, de modo a tornar mais fácil a sua utilização.

Neste projeto, foi utilizada a metodologia de Investigação *Action Research* (O'Brien, 1998). Esta metodologia é caracterizada por ser um processo em que os participantes analisam as suas próprias práticas de uma forma sistemática e aprofundada, usando técnicas de investigação, e é ainda

caracterizada pela abordagem do aprender fazendo (O'Brien, 1998). Distingue-se por ser colaborativa e participativa, prática e interventiva, cíclica, crítica e Auto avaliativa (Coutinho et al., 2009)

Esta metodologia envolve cinco fases: 1) diagnóstico e identificação de problema(s), 2) planeamento de ações, 3) implementação de ações selecionadas, 4) avaliação do resultado dessas ações, 5) especificação de aprendizagem. Desta forma, a realização deste projeto seguiu as cinco fases supramencionadas, explicadas de seguida.

A primeira fase é a fase de diagnóstico onde foi realizada uma observação cuidada e uma análise crítica do estado atual do sistema produtivo com o objetivo de identificar problemas que necessitam de ser resolvidos. Para esta observação foi necessário conhecer o sistema em si, assim como todos os colaboradores envolvidos, e ainda foi realizada uma análise documental. Desta forma, para esta fase procedeu-se ao levantamento de todas as máquinas na linha, de todos os componentes produzidos na mesma assim como os subconjuntos de montagem gerados pelos mesmos. Depois de identificados os subconjuntos, procedeu-se à análise do fluxo produtivo de um subconjunto através da ferramenta VSM, elaborada pelo investigador, que teve como finalidade a visualização do fluxo de valor, assim como o fluxo de informação de modo a identificar possíveis desperdícios. Ainda nesta fase, fizeram-se diversos *brainstormings* com os líderes de equipa e colaboradores, de modo a estes poderem relatar alguns problemas que não sejam possíveis de visualizar no VSM, tais como as paragens da linha por falta de material e excesso de *stock* de componentes de baixo consumo. Esta fase teve duração de 3 meses.

Posteriormente, seguiu-se a fase de planeamento que durou cerca de 1 mês, tendo-se começado por averiguar possíveis soluções para os problemas encontrados anteriormente, assim como os possíveis caminhos a seguir para a resolução mais eficaz e correta desses problemas.

Depois de concluída a fase de planeamento, foi o momento de iniciar a fase de implementação das ações definidas na fase anterior, tendo durado cerca de 3 meses.

Na fase de avaliação com duração de 2 meses foi realizada uma análise crítica aos dados recolhidos na etapa imediatamente supramencionada, comparando com os dados recolhidos na fase de diagnóstico, e assim perceber os ganhos obtidos.

Na última etapa, foram identificados os principais resultados obtidos com o estudo efetuado e assim, tirar as conclusões finais do projeto (Coughlan & Coughlan, 2002).

## 1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em sete capítulos. O capítulo 1 tem como propósito a introdução do projeto, onde é apresentado o enquadramento, onde se mostra a necessidade da elaboração do estudo em questão, assim como os objetivos que se pretende atingir, a metodologia de investigação usada e ainda a estrutura deste trabalho.

O segundo capítulo consiste numa revisão teórica sobre o tema que será abordado neste estudo, assim como os seus fundamentos, enquanto o terceiro consiste na apresentação da empresa onde esta dissertação foi realizada.

Relativamente ao quarto capítulo, aí é descrito e analisado o estado atual da linha em que se realiza o projeto, relatando problemas existentes. Já no quinto capítulo são expostas propostas de melhoria de modo a eliminar ou reduzir os problemas encontrados.

No sexto capítulo são criticados os resultados obtidos através das implementações das propostas mencionadas no capítulo anterior.

No sétimo, e último capítulo são apresentadas as devidas conclusões e, ainda algumas sugestões de trabalho futuro.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é possível encontrar os conceitos base para a realização deste projeto. Assim, foi realizada uma pesquisa para consolidar todos os conceitos que seriam a base para esta dissertação. Em primeiro lugar é apresentada uma breve explicação da origem e da história do conceito *Lean Production*, assim como é apresentado o conceito *Toyota Production System*, a sua história e a sua representação: a casa TPS. Posteriormente, são apresentados os oito desperdícios no contexto *Lean Production*, os cinco princípios de *Lean Thinking*, e ainda são expostas algumas das ferramentas de identificação e combate aos desperdícios mencionados acima.

Neste capítulo dá-se ainda ênfase aos conceitos de logística e ergonomia, em que no primeiro são explicados os conceitos de supermercado e bordo de linha, e no segundo é exibida a relação existente entre ergonomia e Lean, e ainda algumas ferramentas do ramo de ergonomia, que irão ser usadas nesta dissertação. Por último, apresenta-se uma breve apresentação dos tipos de sistemas de produção.

### 2.1 *Lean Production*

A metodologia *Lean Production* é conhecida como a filosofia para melhorar o desempenho dos sistemas de produção, de modo a eliminar o desperdício e a agregar valor ao cliente (Soliman & Saurin, 2017). Dá-se o nome de desperdício a tudo aquilo que não acrescenta valor ao produto e que o cliente não está disposto a pagar. Esta metodologia procura “fazer mais com menos” (Womack et al., 1990), isto é, fazer mais com menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo de desenvolvimento de produtos, menos espaço, e menos tempo de *setup*, de modo a ser possível poupar recursos e manter a produtividade (Womack et al., 1990).

#### 2.1.1 Origem e história de *Lean Production*

O termo “*Lean*” foi introduzido no livro “A Máquina que mudou o mundo” escrito por Womack, Jones e Roos em 1990 (Liker & Morgan, 2011). Este livro apresenta um estudo abrangente sobre a indústria automóvel mundial, realizada por um programa especial do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Nesta pesquisa ficaram claras as vantagens do *Lean Production*, uma vez que eram notórias as diferenças em diversas áreas, nomeadamente produtividade, qualidade e desenvolvimento de produtos. De uma forma geral, mostrava o sucesso da indústria japonesa com a aplicação desta metodologia em comparação com as empresas americanas (Womack et al., 1990), visto que estas



recorriam à produção em massa e à produção artesanal, enquanto a indústria japonesa aplicava a metodologia *Lean Production*.

Na produção artesanal era conseguida variabilidade de produtos, no entanto, devido à produção de “um item de cada vez” existia uma menor produtividade e custos elevados, embora fosse possível responder às exigências do cliente (Womack et al., 1990). Já a produção em massa permitia um enorme volume de produção e produtos mais baratos para o cliente, contudo eram produtos com pouca variabilidade (Womack et al., 1990).

Por sua vez, a filosofia *Lean* permitia responder às exigências do cliente, produzindo produtos variados e a baixo custo de produção (Womack et al., 1990), adquirindo, assim, pontos fortes quer da produção em massa como da produção artesanal. Desta forma, esta filosofia consegue uma vantagem sobre os dois últimos tipos de produção mencionados, levando a que a indústria japonesa alcançasse maior sucesso sobre as outras empresas.

#### 2.1.2 *Toyota Production System*

O *Toyota Production System* foi desenvolvido no Japão por Taiichi Ohno no período posterior à segunda Guerra Mundial (Monden, 1998), é considerado como um sistema de manufatura desenvolvido pela Toyota e não um conjunto de práticas isoladas. O seu principal objetivo prende-se em atingir a liderança na indústria automóvel, sendo definido como um processo e não um estado inicial (Liker, 1997). Este sistema baseia-se num modelo, através da eliminação de perdas e de tudo aquilo que não acrescenta valor ao produto (Maia & Veríssimo, 2011).

Com o sucesso deste sistema, um discípulo de Taiichi Ohno chamado Fujio Cho desenvolveu uma representação para o TPS, recorrendo a uma casa, a casa TPS (Figura 1). Esta representação é uma casa e representa um sistema estrutural, ou seja é uma forma de demonstrar que o TPS apenas funciona se todas as partes trabalharem juntas. Isto significa que este sistema só é forte se todos os componentes foram fortes, nomeadamente, o telhado, os pilares e a fundação, caso algum elo seja fraco, todo o sistema enfraquece (Liker & Morgan, 2006).



Figura 1 - Casa TPS (adaptado Liker & Morgan (2006))

*Just-In-Time* (JIT), um dos pilares da casa TPS pretende transmitir que apenas se deve produzir o necessário na quantidade necessária e no período necessário (Liker & Morgan, 2011). Com este pilar procura-se evitar a propagação de desperdícios, como *stocks* e movimentações (Liker, 2004). Um dos conceitos a implementar para aplicar a metodologia JIT é o *Takt Time*, esta medida permite saber a periodicidade de cada pedido (Ohno, 1988), conseguindo assim prever quando vai ocorrer a próxima solicitação do cliente. Através disto, é possível reduzir o *Work-In-Progress* (WIP) e os *stocks* (Liker, 2004).

Já o segundo pilar dá-se pelo nome de *Jidoka*, também conhecido por automação com toque humano (Liker, 2004). Este pilar é mais de que um controlo automático de defeitos, visto que impede que unidades defeituosas de uma operação precedente passem para a operação subsequente (Monden, 1998). Esta proteção dos produtos de baixa qualidade pode ser conseguida através da criação de sistemas Poka-Yoke, isto é, sistemas anti-erro. Aqui os defeitos são detetados na fonte, conseguindo prevenir a propagação dos mesmos (Liker, 2004).

Como é apresentado no telhado da casa, os objetivos da mesma são melhorar a qualidade, com o menor custo, com o menor tempo de entrega, melhor segurança e moral elevada (Liker, 2004). No centro da casa está representado a melhoria continua, em que se tenta reduzir os desperdícios, sendo que isto só é conseguido com a colaboração de todos os colaboradores. Esta casa é sustentada por produção nivelada (*Heijunka*), criação de processos padronizados e, ainda, a implementação de sistemas de gestão visual.

### 2.1.3 Tipos de desperdícios

Segundo Ohno (1988) o desperdício ou *muda* (palavra em japonês para desperdício) corresponde à atividade que não acrescenta valor ao produto e deve ser imediatamente eliminado. Existem sete principais tipos de desperdícios que não agregam valor nos processos de fabricação de um determinado produto, sendo eles: 1) defeitos, 2) transportes, 3) sobreprodução, 4) sobre processamento, 5) esperas, 6) *stocks*, e 7) movimentações (Ohno, 1988). Estes desperdícios foram identificados por Taiichi Ohno e Shigeo Shingo durante o desenvolvimento do TPS. A seguir encontra-se uma breve descrição de cada um:

- 1) Um **defeito** corresponde ao parâmetro de um determinado produto que não coincide com as especificações do cliente, podendo esse produto resultar em sucata ou retrabalho o que provocará acréscimo de processos de inspeção, e conseqüentemente acarretará custos (Amaro & Pinto, 2007).
- 2) Entende-se por **transporte** o movimento de materiais, peças ou produtos acabados dentro do mesmo processo ou entre processos. Esta atividade é considerada uma atividade necessária, no entanto, não acrescenta valor ao produto, por esta razão estas atividades não podem ser eliminadas, mas devem ser reduzidas.
- 3) A **sobreprodução** acontece quando existe produção de itens para os quais não há pedidos, ou então quando as quantidades excedem o pedido do cliente, o que gera excesso de *stock*, e custos associados. Esta é a principal perda, porque gera a maioria dos outros tipos de desperdícios (Ohno, 1988).
- 4) Dá-se o nome de **sobreprocessamento** às etapas desnecessárias que prolongam a chegada do produto final ao cliente. Para reduzir este desperdício, é necessário estudar os processos que envolvem o produto de modo a perceber o que o cliente está disposto a pagar.
- 5) Entende-se por **esperas** todo e qualquer momento que o colaborador não se encontra a executar qualquer tipo de atividade (Hines & Rich, 1997), estas podem acontecer quando existem avarias ou simplesmente quando os colaboradores são obrigados a parar a produção devido à falta de material, atrasos no processamento, ou interrupção do funcionamento de equipamento.
- 6) Os **stocks** são compostos quer seja pelo excesso de matéria-prima, ou de material semiacabado ou de produto acabado (Melton, 2005). Isto acontece principalmente devido à antecipação da produção, causando *lead times* mais longos, obsolescência, produtos danificados, custos de transporte e de armazenamento (Bell, 2005).

7) **Movimentações** são todo e qualquer movimento inútil que os colaboradores tem que fazer durante o trabalho, tais como deslocar, procurar, pegar ou empilhar peças ou ferramentas. De forma a tentar reduzir este desperdício deve-se investir na organização do espaço de trabalho.

Adicionalmente, Liker (2004) agregou um oitavo desperdício, sendo ele o não aproveitamento do potencial criativo das pessoas, referindo-se principalmente aos colaboradores da linha, sendo que estes podem agregar, inovar e criar valor ao produto, uma vez que lidam diariamente com o mesmo.

Segundo Pienkowski (2014) a Toyota reconhece que existem três tipos de desperdícios: Muda, Mura e Muri (3M). Relativamente ao tipo de desperdício Muda, este corresponde aos sete desperdícios mencionados acima (Ohno, 1988).

Mura representa a falta de regularidade numa operação devido ao ritmo de trabalho irregular ou devido ao sistema de produção, como consequência existem picos de trabalho muito intensos, ou pelo contrário, também podem existir momentos de espera. Estas irregularidades podem ser eliminadas através de programação nivelada ou através da atenção cuidadosa do ritmo de trabalho (Liker, 2004).

Muri corresponde à sobrecarga na organização, quer sejam equipamentos ou colaboradores. Este desperdício obriga as máquinas e colaboradores a excederem os seus limites, podendo resultar em quebras e defeitos no caso dos equipamentos ou problemas de segurança e qualidade no caso dos colaboradores. Este desperdício só é eliminado após a padronização desse mesmo trabalho, uma vez que desta forma se consegue tornar os processos mais estáveis (Pinto, 2008).

#### 2.1.4 Princípios de *Lean Thinking*

O *Lean Thinking* consiste na filosofia base do *Lean Production* que procura ajudar as empresas na implementação desta metodologia. Esta filosofia rege-se por cinco princípios que Womack e Jones, (1996) identificaram como o “antídoto para o desperdício”. Esses princípios são:

- **Definir Valor:** Valor consiste em tudo aquilo que o cliente está disposto a pagar, no entanto, tudo aquilo que este não se dispõe a pagar deve ser visto como desperdício e algo a eliminar ou reduzir, constituindo assim como uma proposta de melhoria. As organizações que melhor identificarem o que o cliente está disposto a pagar, e incorporarem isso no processo de produção, mais facilmente obtêm melhores resultados.
- **Identificar a cadeia de valor,** isto é, identificar as atividades que acrescentam valor ao produto, sendo que aquelas que não acrescentam devem ser eliminadas. Existem três tipos de atividades, as que acrescentam valor, estas são as que o cliente está disposto a pagar; as que

não acrescentam valor, mas são necessárias, no entanto devem ser reduzidas; e as que não acrescentam valor, estas devem ser eliminadas (Shingo, 1989).

- **Garantir fluxo:** este princípio pretende que seja garantido um fluxo contínuo entre as atividades necessárias, isto é, o fluxo desenrolar-se ao ritmo dos pedidos do cliente (Pinto, 2008).
- **Implementar Produção *Pull*:** isto é, pretende-se que seja produzido apenas o que cliente quer e nas quantidades pedidas, de modo a reduzir o *lead time* e o inventário.
- **Perseguir a perfeição:** é necessário que todas as organizações se foquem na melhoria contínua, de modo a conseguir melhorar continuamente e satisfazer cada vez mais as necessidades dos seus clientes.

#### 2.1.5 Algumas ferramentas Lean

Nesta secção são apresentadas algumas ferramentas, a primeira utilizada para a fase de diagnóstico e as seguintes de intervenção e melhoria, nomeadamente, o *Value Stream Mapping* (VSM), *Single Minute Exchange of Die* (SMED), Técnica 5S e, ainda, o *Standard Work*. Por fim, é apresentada uma breve descrição do processo de cálculo do indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

##### 2.1.5.1. *Value Stream Mapping*

A ferramenta *Value Stream Mapping* foi criada por Mike Rother e John Shook em 1999, e apresentada no livro "*Learning to see*" (Rother & Shook, 1999). Esta ferramenta é utilizada no diagnóstico do sistema de produção e do processo associado a uma família de produtos. Rother & Shook, (1999) consideram o VSM como uma ferramenta poderosa que não destaca apenas as ineficiências do processo, mas também orienta sobre a melhoria do mesmo.

Esta metodologia permite visualizar o fluxo de valor e não apenas processos isolados, adotando assim uma perspetiva de melhoria global e não só a melhoria de partes (Rother & Shook, 1999). Também permite visualizar a relação entre fluxo de materiais e fluxo de informação. Através destas análises são identificadas as perdas na produção (Russsikh, Alikin, & Kapulin, 2019), e posteriormente permitem a elaboração de um plano para intervenções de melhoria.

A elaboração de um VSM engloba quatro fases (Rother & Shook, 1999):

- Escolher o produto ou a família de produtos a analisar;
- Construir o VSM do estado atual;
- Construir o VSM do estado futuro (estado pretendido);
- Implementar ações de melhoria.

A primeira fase consiste em escolher o produto ou família de produtos que representa maior valor para o cliente (Rother & Shook, 1999), visto que não é possível considerar todos os produtos devido à elevada variedade. Para esta seleção pode ser utilizada uma matriz de operações para identificar a família de produtos ou análise ABC para detetar os principais produtos produzidos (Rother & Shook, 1999). Para ser possível construir o VSM do estado atual é necessário recolher alguns dados do sistema produtivo, nomeadamente, tempo de ciclo, tempo de *setup*, o WIP, número de colaboradores, número de turnos, tempo disponível por turno.

Depois de analisado o VSM obtido pela concretização da primeira fase é possível identificar diversos problemas presentes no sistema. De forma a identificar esses problemas deve-se ter em consideração os seguintes fatores: WIP; *Lead time*, o nível de resposta do sistema à procura, o rácio de valor acrescentado, e o tempo que acrescenta valor.

Após concluída a segunda fase e a análise da mesma, é necessário construir o VSM do estado futuro, sendo este aquele que se pretende atingir depois da melhoria do estado atual, e por fim, implementam-se medidas para alcançar esse estado (Dinis-Carvalho et al., 2015).

#### ***2.1.5.2. Single Minute Exchange of Die***

O *Single Minute Exchange of Die* (SMED) é uma ferramenta desenvolvida em 1983 por Shigeo Shingo, tendo como principal objetivo reduzir os tempos de preparação das máquinas para valores com apenas um dígito (Stuglik, Gródek-Szostak, & Kajrunajtyś, 2019). Este tempo de preparação corresponde ao intervalo de tempo que decorre entre a produção do último artigo bom do lote atual e a produção do primeiro artigo bom do lote seguinte (Shingo, 1985).

Existem duas abordagens tradicionais para minimizar os efeitos dos tempos de preparação nomeadamente: estratégia de lotes de dimensão elevada e estratégia de lote económico. Relativamente à primeira, esta traz vantagens como a redução do número de preparações, conseguindo um aumento da taxa de produção e da produtividade, no entanto também acarreta desvantagens como deteção tardia de problemas de qualidade, risco de deterioração e obsolescência de *stocks* assim como elevados custos de posse de stocks. Já a estratégia de lote económico funciona na teoria, mas assenta na premissa que não é possível reduzir drasticamente os tempos de preparação.

Esta metodologia caracteriza as operações de preparação em dois grupos: operações internas e externas (Silva & Godinho Filho, 2019). As operações internas consistem em operações que só podem ser executadas com a máquina parada, já as operações externas consistem em operações que podem ser executadas com a máquina em funcionamento, assim a principal etapa desta metodologia é a

conversão de operações internas em externas de modo a que a máquina consiga trabalhar enquanto o operador trata da troca de referência, diminuindo assim o tempo de paragem da máquina. Na Tabela 1 são apresentadas as etapas desta metodologia assim como técnicas e instrumentos aplicáveis.

Tabela 1 - Fases da metodologia SMED

Etapa	Descrição	Técnicas/instrumentos aplicáveis
0	Análise Preliminar	- Observações; - Filmagens; - Entrevistas
1	Separação de operações internas e operações externas	- Listas de Verificação; - Verificação de funções; - Melhoria dos transportes.
2	Conversação de operações internas em operações externas	- Antecipação de operações; - Normalização de funções; - Recurso a padrões auxiliares.
3	Racionalização de operações internas e operações externas	- Racionalização do armazenamento e transporte de materiais e ferramentas; - Implementação de operações paralelas; - Recurso a fixadores rápidos; - Eliminação de afinações finais; - Automação.

Depois da execução das etapas imediatamente supramencionadas é possível uma redução de tempo de *setup*, conseguindo uma redução dos tempos de preparação, de *stock*, WIP, tamanho e movimentações de lotes, atingindo assim melhorias em termos de qualidade e flexibilidade de produção (Wang, Chiou, & Luong, 2019).

### 2.1.5.3. Técnica 5S

A ferramenta 5S surgiu no Japão como consequência da aplicação da cultura Kaizen (Jiménez, Romero, Domínguez, & Espinosa, 2015). Esta foi implementada pela primeira vez em 1960 por Taiichi Ohno (Ohno, 1988), sendo uma técnica usada para estabelecer e manter um ambiente de qualidade na organização (Khamis et al., 2009).

Esta ferramenta é composta por cinco sentidos, em que cada sentido deriva de cinco palavras japonesas: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke. Estes encontram-se descritos abaixo:

- **Sort (Seiri):** Este sentido consiste em remover todos os itens inutilizados, como ferramentas e utensílios, aumentando assim a segurança através da não utilização de materiais impróprios para a execução da tarefa (Leming-Lee, Polancich, & Pilon, 2019).
- **Set in Order (Seiton):** Este consiste em organizar os itens que são usados diariamente para que possam ser de fácil e de rápido acesso.
- **Shine (Seiso):** O terceiro sentido consiste em garantir que todos os itens, áreas e equipamentos sejam limpos e mantidos adequadamente, evitando assim a contaminação de equipamento que esteja fora de serviço (Leming-Lee et al., 2019).

- **Standardize (Seiketsu):** O último senso reside em documentar e padronizar o método, através de procedimentos padrão. Estes devem ser comunicativos, e claros, de modo a serem fáceis de entender (Veres, Marian, Moica, & Al-Akel, 2018).
- **Sustain (Shitsuke):** Este senso requer a criação de mecanismos para manter os quatro sentidos anteriores, tornando os 5S's como um hábito (Veres et al., 2018).

A implementação contínua desta ferramenta revela várias vantagens, como a qualidade aprimorada de produtos e serviços, um ambiente de trabalho limpo e produtivo, maior segurança, redução de custos, aumento da eficácia e eficiência da linha, existência de padrões de trabalho, levando assim a uma redução de tempo de trabalho desperdiçado e tempos reduzidos de produção e configuração (Veres et al., 2018).

#### **2.1.5.4. Standard Work**

Entende-se por *Standard Work* a formalização de procedimentos que estabeleçam os melhores métodos e sequências para cada trabalhador (Monden, 1998). Estes procedimentos poderão ser apresentados graficamente, de modo, a serem facilmente interpretados, para que não suscitem dúvidas, mostrando claramente as relações entre as atividades, o pessoal, as informações e objetivos num determinado fluxo de trabalho (Colquhoun, Baines, & Crossly, 1996).

Existem três elementos para uma implementação bem-sucedida desta ferramenta: tempo de ciclo normalizado; sequência de trabalho normalizado e quantidade de *stock* normalizado (Ohno, 1988). O primeiro corresponde ao tempo de produção de um produto, de modo a conseguir a satisfação por parte do cliente, já o segundo consiste na sequência de atividades que o colaborador deve executar, de forma a garantir que apenas é utilizado o valor do tempo de ciclo normalizado. Por fim, o último corresponde à quantidade mínima de inventário necessário para garantir a execução das atividades ao longo dos postos, num fluxo contínuo (Monden, 1998).

Segundo Ohno (1988), o TPS coloca uma forte ênfase na importância da padronização e entende que o uso do *Standard Work* desempenha um papel integral no mesmo. Diversas empresas aderem a esta metodologia, criando documentos com todos os procedimentos descritos de forma simples, mas bastante detalhados (Liker, 2004). Posteriormente, os trabalhadores são treinados para entender a importância de aderir a este tipo de trabalho padronizado (Emiliani, 2008).

Os benefícios do *Standard Work* são bastantes, se for usado corretamente (Emiliani, 2008). Assim, esta ferramenta permite melhorar a eficiência e diminuir o desperdício (Burton et al., 2019), da mesma forma que permite uma variabilidade reduzida, conseguindo a redução de desperdícios, levando a um



prazo de entrega mais curto e a uma melhor qualidade, visto que os processos são clarificados. No trabalho de Bragança et al. (2013) também é conseguida uma redução na necessidade de assistência, isto é, os colaboradores passaram a ter menos dúvidas sobre a montagem, e o ensino de novos operadores para a seção foi facilitado, uma vez que se disponibilizou um guia de montagem.

#### ***2.1.5.5. Overall Equipment Effectiveness***

O indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) é definido como uma ferramenta que mede o desempenho dos equipamentos de medição quantitativa, tendo como objetivo maximizar a eficácia operacional dos equipamentos (Muchiri & Pintelon, 2008). Este objetivo é cumprido através da avaliação do desempenho organizacional, onde é permitido identificar problemas e ineficiências nos processos, e assim, detetar as máquinas onde é necessário rever as atividades de manutenção aplicadas.

Antes do cálculo deste indicador é necessário determinar os valores dos índices de disponibilidade do equipamento, velocidade e qualidade que irão permitir precisar o valor do OEE, desta forma será possível avaliar qual o índice com valor mais baixo, e assim introduzir ações para o melhorar.

Para o cálculo do índice de disponibilidade é necessário o tempo de abertura, isto é o tempo de turno sem as paragens planeadas, e o tempo de funcionamento que corresponde ao tempo de abertura sem as paragens não planeadas, desta forma é fundamental a recolha de todas as paragens existentes em cada turno. O cálculo deste índice é dado pela fórmula apresentada na Equação 1.

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

*Equação 1 - Cálculo do índice de disponibilidade*

Relativamente ao cálculo do índice de velocidade é indispensável o tempo de ciclo ideal, o número de peças produzidas durante o turno da referência em estudo, e o tempo de funcionamento. A Equação 2 apresenta a fórmula deste índice.

$$\text{Velocidade} = \frac{\text{Tempo de ciclo ideal} \times \text{Peças produzidas}}{\text{Tempo de funcionamento}}$$

*Equação 2 - Cálculo do índice de velocidade*

Por fim, para o cálculo do índice qualidade é essencial o valor correspondente às peças boas produzidas durante o turno e o valor total de peças. A fórmula para este cálculo é dada pela Equação 3.

$$Qualidade = \frac{Peças\ boas}{Peças\ produzidas}$$

*Equação 3 – Cálculo do índice de qualidade*

Posto isto, é necessário passar ao cálculo que irá permitir obter o valor de OEE, este encontra-se na Equação 4.

$$OEE = Disponibilidade \times Velocidade \times Qualidade$$

*Equação 4 - Cálculo de OEE*

## **2.2 Lean Logistics**

*Lean Logistics* significa aplicar os conhecimentos e princípios do *Lean Thinking* nos processos e operações da cadeia de abastecimento, tendo como objetivo eliminar desperdícios para reduzir custos e melhorar tempo (Sezen & Erdogan, 2009). Esta aplicação pode fazer-se em três vertentes (Kilic, Durmusoglu, & Baskak, 2012):

- *In-bound*: corresponde ao fluxo entre o fornecedor e fábrica;
- *In-plant*: tem como função auxiliar nos fluxos de materiais dentro da célula;
- *Outbound*: corresponde à distribuição do produto para os clientes

Para uma boa aplicação destes princípios nesta área, é fundamental avaliar o desempenho das organizações para alcançar uma cadeia de valor eficiente e eficaz (Afonso & Cabrita, 2015). Cada fábrica deve optar pelas melhores medidas de modo a que estas se adequem à própria fábrica, como o *layout*, inventários, fluxos de produtos (Domingo, Alvarez, Peña, & Calvo, 2007). É necessário também haver sinergia entre cada etapa ao longo do processo, envolvendo total comprometimento dos fornecedores e das transportadoras com o objetivo da empresa.

As vantagens desta aplicação passa por reduzir tempos de entrega, reduzir níveis de *stock*, reduzindo, assim, custos, e aumentar a flexibilidade de toda a cadeia de abastecimento (Wronka, 2017). No entanto, para haver estas vantagens torna-se necessário implementar algumas ferramentas, descritas nas secções seguintes.

### **2.2.1 Supermercado**

O conceito de supermercado está associado ao armazenamento de matéria-prima e produto final. Nele o cliente pode encontrar o que necessita, na quantidade que necessita (Ohno, 1988). Este conceito

encontra-se associado à filosofia JIT, referida na secção 2.1.2., uma vez que os supermercados permitem o abastecimento em lotes pequenos na quantidade e hora certa (Emde & Boysen, 2012).

Normalmente, os supermercados encontram-se próximos das linhas de produção, em que são abastecidos por um sistema *kanban*, que se encontra descrito na secção 2.2.3 (Tommelein & Li, 1999). Estes são identificados de modo a que o material tenha uma localização fixa, facilitando a sua rápida identificação por parte do colaborador e permite a entrega periódica de material recorrendo à política *First In First Out (FIFO)*, uma vez que o produto que se coloca em primeiro lugar no supermercado, será o primeiro a ser utilizado na linha.

Os supermercados têm uma capacidade limitada, no entanto, no mínimo devem ter espaço para abastecer a linha durante o período de rota do comboio logístico (Mei, et al. 2017). Existem empresas em que o tempo de periodicidade da rota corresponde a 20 minutos (Vicente et al. 2015), assim, é necessário que o supermercado da linha tenha capacidade suficiente para acomodar peças suficientes para este tempo, para que a linha não pare por falta de material.

### 2.2.2 Bordo de linha

Os bordos de linha correspondem aos locais onde se colocam os componentes a utilizar no posto de trabalho no momento de produção, sendo que estes se devem encontrar junto do mesmo (Coimbra, 2013). Os componentes devem estar alocados de forma que tanto os colaboradores como os abastecedores tenham movimentos de alcance curtos, o tempo entre mudança de peças entre produtos seja mínimo e o sinal para a necessidade de reabastecimento seja intuitivo, eliminando paragens por falta de abastecimento (Coimbra, 2009; 2013). Além disso, deve também reduzir o tempo de manuseio das peças (Phillips, 1997).

O bordo de linha deve ter apenas a quantidade de componentes necessária para a produção, sendo assim possível evitar possíveis desperdícios (Coimbra, 2009).

### 2.2.3 Sistema *Kanban*

A palavra *kanban* é de origem japonesa, criada por Taiichi Ohno, que significa cartão (Surendra, Yousef, & Ronal, 1999). Sugimori et al. (1977) descrevem o sistema *kanban* como o sistema de controlo de produção desenvolvido para materializar a produção JIT e sendo uma parte fundamental do Sistema Toyota de Produção.

Como forma de garantir o sucesso da implementação do sistema *kanban*, certos fatores devem ser considerados, como a gestão de *stock*, participação de vendedor e fornecedor, aprimoramento e controlo da qualidade e participação dos funcionários e da gerência (Kumar, 2010).

Pode-se diferenciar o sistema *kanban* de acordo com as suas funções: *kanban* de produção e *kanban* de transporte. O primeiro é utilizado quando o posto a jusante faz o pedido ao posto a montante, ou seja é necessário que o primeiro posto faça um pedido ao segundo, pois só aí é que este último pode produzir. Este tipo de *kanban* apenas é utilizado quando os postos se encontram próximos, caso contrário será então necessário a utilização do *kanban* de transporte, sendo que nenhuma operação de transporte é realizada sem a presença do mesmo.

Esta ferramenta consiste numa estratégia operacional a ser usada nas linhas de produção, que ajuda a melhorar a produtividade da empresa e, ao mesmo tempo, minimizar o desperdício na produção (Rahman, Sharif, & Esa, 2013). No entanto, quando se tenta implementar sem a devida preparação pode ocorrer o descrédito das pessoas no sistema, uma vez que se tornam mais visíveis os problemas (Pinto, 2008).

## 2.3 Sinergia entre Lean e Ergonomia

Esta secção faz uma breve apresentação sobre ergonomia e algumas ferramentas ergonómicas importantes no contexto deste projeto de dissertação. De seguida, mostra a importante sinergia entre *Lean* e ergonomia.

### 2.3.1 Ergonomia

A palavra “Ergonomia” etimologicamente deriva de “ergonomos”, deriva do grego em que “ergon” significa trabalho e “nomos” significa leis. Pode-se definir ergonomia como o estudo da relação entre o Homem e a sua ocupação, o equipamento e o ambiente em que decorre a sua atividade profissional (Arezes, Dinis-Carvalho, & Alves, 2015). O objeto de estudo é a atividade humana, de modo a estudar as interações que se manifestam entre o Homem e o seu meio envolvente. Já o objetivo central foca-se em otimizar estas interações visando, de uma forma integrada, promover a segurança, a saúde e o bem-estar do utilizador assim como a eficácia do sistema em que está envolvido (Smith, 2003).

### 2.3.2 Ferramentas ergonómicas

Nesta seção são apresentadas algumas ferramentas ergonómicas utilizadas nesta dissertação.

#### **2.3.2.1 Método EWA**

O método EWA consiste num manual que foi desenvolvido pelo Instituto Finlandês de Saúde Ocupacional (FIOH) (Alves, Ferreira, Maia, Leão, & Carneiro, 2019). O seu desenvolvimento foi baseado na fisiologia do trabalho, biomecânica, aspetos psicológicos, higiene ocupacional e ainda, na organização do trabalho (Bormio, Paccola, & Silva, 2008).

O EWA é um método amplamente utilizado devido à sua estrutura ser adequada para a maioria das atividades industriais, permitindo uma análise mais completa (Alves et al., 2019), sendo a sua aplicação mais eficaz em trabalhos manuais e atividades que envolvem movimentação manual de materiais.

Para a aplicação deste método é importante seguir as seguintes recomendações (Costa, 2004):

- Verificar a altura a que se realiza a elevação. Num “levantamento em posição normal” a subida começa ou a descida termina dentro da zona situada entre as alturas do ombro e do punho, isto é, sem ter necessidade de fletir os joelhos. Num “levantamento em posição baixa” a subida começa ou a descida termina dentro da zona situada abaixo da altura do punho, isto é, há sempre flexão dos joelhos.
- Pesar o objeto. Avalia a tensão de acordo com o objeto mais pesado.
- Estimar a distância horizontal entre as pegadas (pontos em que as mãos seguram o objeto) e a linha vertical que passe pelos tornozelos do trabalhador.
- Com base nas três observações anteriores, determine no quadro seguinte a sua classificação e registe o seu valor.

O formulário que permite realizar a análise ergonómica encontra-se na Figura 2.

1		A carga pode ser facilmente levantada com ajuda mecânica.									
levantamento em posição normal				levantamento em posição baixa							
distância de pega, cm				distância de pega, cm							
< 30				30 - 50		50 - 70		> 70			
carga, kg				carga, kg							
2	< 18	< 10	< 8	< 6	2	< 13	< 8	< 5	< 4		
3	18 - 34	10 - 19	8 - 13	6 - 11	3	13 - 23	8 - 13	5 - 9	4 - 7		
4	35 - 55	20 - 30	14 - 21	12 - 18	4	24 - 35	14 - 21	10 - 15	8 - 13		
5	> 55	> 30	> 21	> 18	5	> 35	> 21	> 15	> 13		
classificação pelo analista					avaliação pelo trabalhador						
<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/> G <input type="checkbox"/> G <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/> X						

Figura 2 - Avaliação das elevações (Costa, 2004)

Em que o nível 5 corresponde ao nível mais crítico, ou seja, aquele em que se deve tomar medidas imediatamente, e o nível 1 corresponde ao nível em que a carga é facilmente levantada.

Apesar de ser um método de fácil implementação, este tem limitações, nomeadamente o facto de os valores apresentados serem estabelecidos apenas com boas condições de elevação, quando se verificam más condições ou elevações acima da altura dos ombros, ou se a elevação for realizada várias vezes por minuto, a tarefa deve ser avaliada como sendo mais difícil que os valores que o quadro indicam, sendo esta avaliação subjetiva, visto que não existe indicação de como avaliar concretamente nestes casos.

### 2.3.2.2 Equação de NIOSH

Uma vez que cada vez mais existem lesões resultantes da elevação de cargas é necessário eliminar a necessidade de as realizar, sendo esta a primeira preocupação de quem assume as responsabilidades da concepção de postos de trabalho, de modo a evitá-las. Quando não é possível, o próximo passo passa pela modificação das condições de elevação de modo a cumprir as exigências físicas aceitáveis, ou seja, garantindo níveis mínimos de segurança (Arezes et al., 2015).

Posto isto, surgiu a necessidade de criar alguns métodos para definir os limites seguros de manipulação de cargas (McKeown, 2008), nomeadamente a equação de NIOSH. Este método permite a redução de um dos 3M (Muda, Muri, Mura), nomeadamente o Muri que significa sobrecarga (Melo, Alves, Lopes, & Colim, 2019), isto é, situações que os operadores ou máquinas operam acima dos seus limites, resultando em perda de tempo, energia e risco de lesões (Liker, 2004).

Este método resulta da evolução do Manual de Práticas de Trabalho para Elevações Manuais em que define critérios para determinar os pesos máximos e aceitáveis para tarefas de elevação ocasionais, este manual foi publicado pelo *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH) nos

Estados Unidos em 1981. Sendo que em 1991 foi lançada uma revisão mais atualizada sobre a equação em questão (Water, Putz-Anderson, & Garg, 1994).

Este método tem como foco avaliar o risco de Lesões Músculo-esqueléticas em elevações e abaixamentos manuais de cargas, apoiando-se na compilação rigorosa de uma grande quantidade de dados obtidos durante anos de investigação, úteis para a resolução de muitos problemas de concepção e análise dos Postos de Trabalho.

Existem diversos requisitos para a aplicação desta equação:

- As elevações devem ser realizadas com as duas mãos;
- A duração do período de trabalho não deve ser superior a 8 horas;
- A elevação deve ser feita com suavidade, sem movimentos bruscos. Deve, também, ser realizada sem restrições à postura mais favorável;
- Devem existir boas condições mecânicas, asseguradas por um piso plano e sem obstruções, oferecendo uma boa aderência ao calçado;
- As condições térmicas e visuais devem ser favoráveis.

O cálculo do Peso Limite Recomendado (PLR) é dado pela equação seguinte:

*PLR*

$$= CC \times \frac{25}{H} \times [1 - (0.003 \times |V - 75|)] \times \left(0.82 + \frac{4.5}{D}\right) \times [1 - (0.0032 \times A)] \times MP \times MF$$

*Equação 5 - Cálculo de PLR*

Em que:

- Constante de carga (CC) corresponde ao peso máximo recomendado (23kg);
- Distância Horizontal (H) entre as mãos e a vertical passando pelos tornozelos no início da elevação;
- Altura das mãos no início da elevação (V);
- Distância Vertical (D) percorrida desde o ponto de início da elevação até ao final;
- Assimetria (A) do movimento de elevação em relação ao plano sagital (ângulo de rotação do tronco);
- Multiplicador de Pega (MP), depende, da qualidade da pega, esta pode ser considerada boa, aceitável ou má, este valor pode ser consultado na tabela do anexo 2;
- Multiplicador de frequência (MF) depende da frequência das manipulações, este valor deve ser consultado na tabela do anexo 3.

Posteriormente ao cálculo do PLR pode ser calculado o Índice de Elevação (IE), este valor é dado pela divisão do Peso de Carga pelo valor de PLR. Este valor pode ter três interpretações apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação do Índice de Elevação

$IE \leq 1$	Ausência de Risco
$1.1 \leq IE \leq 2.9$	Risco para alguns trabalhadores
$IE \geq 3$	Risco para maioria dos trabalhadores

No entanto, existe também algumas limitações, no qual se destacam três:

- A equação não incluir fatores para as consequências imprevistas, como pesos inesperadamente grande, escorregamento ou queda durante a execução das tarefas (Costa & Arezes, 2005);
- Se o ambiente físico for desfavorável é necessário avaliar o acréscimo metabólico resultante desses fatores (Costa & Arezes, 2005);
- A equação não se aplica quando tarefas de elevação são realizadas apenas com uma mão ou na posição sentado, ajoelhado ou agachado (Costa & Arezes, 2005).

### 2.3.3 Lean e Ergonomia

Os fatores humanos e a ergonomia também são componentes chave da estratégia *Lean*. Através da integração de princípios ergonômicos no processo Lean, consegue-se reduzir os 3M (Melo, Alves, Lopes, & Colim, 2019) (secção 2.1.3) e desempenhar um papel de liderança nesta estratégia (Botti, Mora, & Regattieri, 2017).

Segundo Lloyd & James (2008), a aplicação rígida de métodos da produção *Lean* está associada a um aumento do risco de acidentes de origem músculo-esquelético e stress por parte dos trabalhadores. A principal causa deste risco é que os processos *Lean* frequentemente resultam em operações repetitivas, posturas stressantes, eliminando períodos de descanso para os funcionários (Kester, 2013). No entanto, as opiniões divergem, segundo Arezes et al., (2015), não existe consenso quanto ao impacto da implementação de *Lean Production System* na ergonomia, sendo que algumas características são vistas como vantagens para alguns autores e como desvantagens para outros.

É importante que a máquina se adapte ao seu operador proporcionando um manuseio eficaz, conseguindo assim um menor esforço por parte do mesmo na execução das suas tarefas, sendo possível atingir a meta de aumentar de satisfação, eficiência e a eficiência do trabalhador (Santos, Vieira, & Balbinotti, 2015). Posto isto, o principal objetivo da ergonomia é desenvolver e aplicar as técnicas de modo a que o Homem tenha uma fácil adaptação ao seu trabalho e o consiga desenvolver



de maneira segura para desenvolver o bem-estar e, assim, aumentar a produtividade (Santos et al., 2015).

Através da aplicação do terceiro S (Seiso) da ferramenta 5S explicada na secção 2.1.5, é possível manter o local de trabalho limpo, conseguindo uma maior segurança para o colaborador, zelando pela saúde do próprio. Vários autores falam em 6S, atribuindo ao 6ºS o de Saúde ou Segurança (Creative safety supply, 2010).

Além destas vantagens, a aplicação dos princípios Lean associada à Ergonomia produz muitos resultados positivos, como se pode ver em mais de 40 projetos realizados em empresas e apresentados no artigo de Alves et al. (2019).

## 2.4 Tipos de sistemas de produção

Os sistemas de produção podem ser classificados relativamente a vários critérios, um deles é o *layout*. Quanto ao *layout*, os sistemas podem ser: *job-shop*, linhas e células. O primeiro é caracterizado por ser orientado ao processo ou à função (por isso é designado de Sistema de Produção Orientado à Função - SPOF), no entanto como não é orientado ao produto é comum a existência de várias ineficiências como elevado WIP, baixa produtividade e elevado número de defeitos (Alves et al., 2015).

Os restantes dois tipos de sistemas são caracterizados por serem orientados ao produto (SPOP), permitindo uma maior produtividade e uma taxa de produção superior ao SPOF, uma vez que na prática estes resultam da integração e interação de um conjunto de subsistemas com grande autonomia e independência (Alves, 2007). Desta forma, e porque estes sistemas são focados no produto, reduzindo os desperdícios referidos acima para os SPOF, estes, em particular as células de produção são os sistemas de eleição da metodologia *Lean Production* (Bhat, 2008; Black & Hunter, 2003).

O projeto e/ou reconfiguração das células de produção pode ser realizado através de metodologias. Uma dessas foi proposta por Alves (2007) e inclui cinco fases, que devem ser realizadas de forma interativa e interrelacionada: 1) formação de famílias de produto i.e. produtos que apresentam semelhanças importantes de fabricação, como o processo e tolerância de fabrico, materiais, forma geométrica, entre outros; 2) instanciação das células conceptuais; 3) instanciação de postos de trabalho; 4) organização intracelular e controlo de cada célula; 5) arranjo integrado das células para formação de sistema SPOP global (Alves, 2007).

Um sistema de produção bem projetado deve permitir fluxos contínuos sem atividades que não acrescentem valor ao produto ou sobrecarreguem os operadores ou as máquinas. No entanto, muitas vezes, estes encontram-se desatualizados, devido à evolução do mercado, o que requer uma reconfiguração frequente (Alves et al., 2015). Neste projeto/reconfiguração deve-se recorrer a todas as ferramentas sejam elas de logística, ergonomia ou outras que tornem o sistema mais adequado.

### 3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O presente capítulo tem como objetivo dar a conhecer a empresa onde se realizou este projeto de dissertação. Este teve lugar no Departamento de Operações da BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems, que produz componentes para a indústria automóvel. Aqui, apresenta-se a identificação e a localização da organização, uma pequena descrição sobre o grupo, a estrutura organizacional, assim como os valores e cultura da empresa. Posto isto, apresenta-se o principal foco da empresa, os tipos de produtos e o respetivo *layout*.

#### 3.1 Identificação e localização

A empresa BorgWarner Portugal pertence à unidade de negócios *Emissions, Thermal and Turbo Systems*, localizando-se, atualmente, no Parque Empresarial de Lanheses, no distrito de Viana do Castelo, cuja imagem se encontra na Figura 3. Esta foi inaugurada em 2014, depois de alguns anos a produzir em Valença do Minho.



Figura 3 - BorgWarner Portugal (Fonseca, 2018)

Em 2019, as instalações da BorgWarner Portugal contavam com 1 100 colaboradores num espaço de 26 000 m<sup>2</sup>, sendo que 69% localizavam-se na área fabril de 15 000 m<sup>2</sup>, 9% no armazém de 3 000m<sup>2</sup> e os restantes localizam-se nos escritórios num espaço de 6 000m<sup>2</sup>. Nestas instalações são produzidos exclusivamente componentes para motores, transmissões e sistemas de condução de fluidos e gases, sendo que os seus principais clientes destinam-se a grandes marcas do sector automóvel, quer automóveis ligeiros como comerciais, destacando-se a BMW, Audi, GM, FCA, Man, Volvo e Jaguar.

### 3.2 BorgWarner Global

A BorgWarner é um grupo de origem Norte-Americana, fundado em 1928 proveniente da união de três empresas. Em Setembro de 2019, o grupo encontrava-se em 67 localizações, distribuídas por 19 países, sendo que 23 se localizavam na América, 19 na Europa e 25 na Ásia, contando num total com cerca de 30 mil colaboradores.

A empresa divide-se em duas grandes áreas de negócio: o *Drivetrain Group* e o *Engine Group*. O primeiro é responsável por todos os tipos de transmissão existentes no setor automóvel, já a segunda divisão é responsável pelos componentes relacionados com motor de combustão.

### 3.3 Estrutura Organizacional da BorgWarner Portugal

Relativamente à estrutura organizacional esta divide-se em Viana e Viana/Vigo, existe esta relação devido à proximidade entre as localizações e também por fornecerem componentes uma à outra. Como se pode observar pela Figura 4 o responsável pelo departamento de Compras trabalha em ambas as fábricas assim como o responsável da Engenharia de Aplicações e o IT, deste modo é possível uma sinergia de recursos.

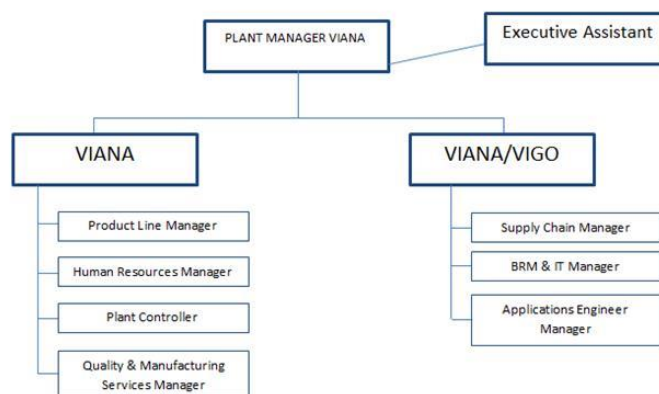


Figura 4 - Estrutura Organizacional da empresa (BorgWarner, 2019)

### 3.4 Visão, Valores, Cultura e Missão

A BorgWarner é uma empresa que pensa bastante no colaborador, assim como no seu bem-estar. Desta forma, a visão da organização consiste em “Um mundo com energia limpa e eficiente” tendo como principal pensamento o planeta Terra, assim como o ser humano. A missão prende-se em “Ser líder em sistemas e propulsão de veículos a combustão, híbridos e elétricos”.

Os valores da empresa são: Respeito mútuo (cada colaborador deve tratar o outro com o mesmo respeito e dignidade com que deseja ser tratado), Poder de colaboração, Paixão pela excelência (ser líder no atendimento aos clientes, melhorar constantemente o próprio desempenho), Integridade Pessoal (seguir padrões de ética em tudo), e Responsabilidade pelas comunidades (Fornecer serviços de alto valor e criar empregos significativos).

A cultura BorgWarner é orientada por seis atributos que descrevem como a empresa se vê e como querem que sejam vistos:

- Empreendedorismo: as pessoas têm liberdade para tomar decisões e agir de forma proactiva.
- Focalização disciplinada nos resultados: atingir os objetivos com responsabilidade.
- Preocupação pelas pessoas e pela sua segurança: uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI'S), como botas de biqueira de aço, roupa de trabalho ou bata, óculos de proteção e quando necessário luvas de proteção; ginástica laboral e troca de tarefas a cada 2 horas.
- Trabalho desafiante: onde os colaboradores se sintam desafiados e realizados.
- Realismo: ambiente informal e amigável.
- Atitude "Posso fazer": espírito de colaboração, tomar a iniciativa, e fazer o que é necessário.

### **3.5 Segurança como principal foco**

A BorgWarner tem como principal foco a segurança de todos os colaboradores da empresa, transmitindo desde o primeiro dia que a segurança é da responsabilidade de cada um. A empresa fornece um local de trabalho seguro aos seus colaboradores, e é sua obrigação trabalhar de forma segura, de modo a que não ofereça riscos à saúde dos colaboradores e visitantes.

A empresa como forma de manter a segurança nas suas instalações exige a utilização de EPI's em toda a área de produção, nomeadamente botas, óculos, bata e luvas. É, também possível a utilização de proteções para os ouvidos caso o ruído nesta área incomode os colaboradores, porém não é uma obrigatoriedade porque o índice de ruído nessa zona não é acima do nível máximo permitido (85db).

Relativamente às luvas estas diferem de posto para posto, conforme as necessidades, existem postos que necessitam de luvas anti-corte, visto a probabilidade corte ser bastante elevado, outros postos precisam de luvas sem goma, estas são luvas apenas para manuseamento de materiais, no entanto, existem os que necessitam de luvas com goma para proteção de infiltração de óleos, há ainda outros com necessidade de luvas anti estáticas para proteção de descargas elétricas, e ainda é possível encontrar a necessidade de utilização de luvas para fornos, luvas para água, luvas de pele + crute e

luvas apenas de pele. Este material está disponível em máquinas de *Vending* e cada colaborador tem direito a um par de luvas por dia, sendo que na maioria dos casos estas têm um tempo de vida superior.

A organização tem uma nomenclatura específica para os acidentes e possíveis acidentes de trabalho: Quase acidente, Incidente e Acidente. O quase acidente, é aquele acontecimento que não causa qualquer tipo de lesão ao colaborador, o incidente é aquele em que magoa o colaborador mas este não necessita de baixa médica, poderá ir ao posto médico da empresa, mas depois pode continuar a desempenhar as suas funções, o acidente é a ocorrência que provoca lesão no colaborador e o obriga a consultar um médico externo e posteriormente necessita de baixa médica.

De forma a alertar todos os colaboradores que a segurança de cada um é o mais importante para a empresa, sempre que acontece qualquer tipo de ocorrência esta é reportada para todos os correios eletrónicos da empresa, assim como é colocado nas televisões existentes na cantina e ainda é colocado nas áreas de reuniões das equipas onde ocorreu o imprevisto, de modo a alertá-los para terem um maior cuidado.

Como a BorgWarner coloca a segurança em primeiro lugar, decidiu então criar 10 compromissos de segurança:







1. Comprometo-me em fazer da segurança a minha prioridade;
2. Comprometo-me a ser responsável pela minha segurança e pela dos outros;
3. Comprometo-me a seguir sempre todas as regras de segurança;
4. Comprometo-me a usar sempre todos os equipamentos de proteção individual requeridos e informar os outros que façam o mesmo;
5. Comprometo-me a agir quando identificar riscos para a segurança, escalando sempre que necessário;
6. Comprometo-me a comunicar de imediato todos os incidentes, lesões e quase acidentes;
7. Comprometo-me a manter a minha área limpa e segura;
8. Comprometo-me com a aprendizagem continua e a assistir a todas as formações sobre segurança;
9. Comprometo-me em implementar com rigor as auditorias, conversas e observações de segurança;
10. Comprometo-me em reconhecer todos os dias alguém por ter tido um comportamento ou atitude seguros.

Desta forma, é possível manter a segurança de todos, quer sejam colaboradores como visitantes, e tornar esta organização numa organização 100% segura e livre de acidentes.

### 3.6 Produtos

A BorgWarner Portugal produz permutadores de calor (*Coolers*) EGR, Módulos, Válvulas EGR, Tubos EGR e não EGR e por fim, produz também *eBooster* e produtos eletrônicos. Existe uma grande diversidade de produtos, devido à organização trabalhar com diversas marcas e com diferentes tipos de veículos, nomeadamente, ligeiros, pesados e agrícolas. Na Tabela 3 é apresentado cada produto, com a respetiva função e é mostrado também algumas imagens de exemplares do mesmo.

Tabela 3 - Produtos da empresa (BorgWarner, 2019)

Produto	Função	Imagem
<i>Coolers</i> EGR	Sistema de arrefecimento, para manter os gases a temperaturas consideráveis.	
Válvulas EGR	Permitir ou bloquear a entrada ou a saída de gases	
Tubos EGR	Transporte de gases	
Tubos não EGR	Transporte de água e óleo	
Módulos (Junção de Válvula e Cooler)	Função igual a cada componente individualmente	
<i>eBooster</i>	Dar mais potência ao motor	

### 3.7 Layout geral da fábrica

Na Figura 5 encontra-se o *layout* geral da empresa. Como é possível observar é composto pela parte administrativa denominada por “*Offices*”, a área de produção, o armazém, a área técnica e, por fim, o parque de estacionamento para que os colaboradores possam estacionar os seus veículos.



Figura 5 - Layout geral da empresa (BorgWarner, 2019)

A BorgWarner Portugal divide-se então em três grandes áreas: parte administrativa, área fabril, e o armazém, sendo que a parte administrativa, distribui-se por diversos departamentos nomeadamente: logística, compras, engenharia, financeiro, recursos humanos e informático. Já a área fabril como é visível na Figura 6 distribui-se por: 1) *Glow Plug Control Module* (GPCM) e válvulas e 2) área metalomecânica.

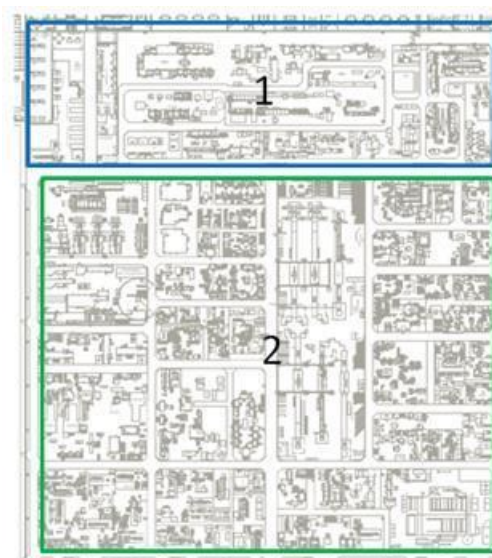


Figura 6 - Área fabril da empresa (BorgWarner, 2019)

O armazém está organizado entre armazém de matéria-prima e armazém de produto acabado, sendo então responsável pela entrada e saída de materiais. A área de GPCM encontra-se separada de toda a restante área fabril uma vez que se produz produtos eletrónicos, como estes produtos requerem um ambiente específico é obrigatório encontrarem-se isolados de toda a restante área. Como é perceptível



pela figura anterior a restante área fabril é uma área bastante extensa, dividindo-se em quatro grupos: Conformação; Montagem; Fornos e Fugado.

Na área da conformação são feitos processos de curvatura, *hidroforming* e conformação de tubos, já na zona de Montagem, é feita a montagem de diversos componentes, no espaço dos fornos o produto recebe uma pasta numa zona já definida de modo a garantir a estanquidade das peças, por último, na fogação é feito um teste de controlo de fugas para validar a estanquidade das mesmas.

O processo produtivo nesta empresa é bastante complexo, pelo que nem todos os componentes percorrem as mesmas máquinas, ou seja, os fluxos divergem de componente para componente, dependendo do tipo de veículo e do cliente.

Na zona de armazém, este material é recebido e descarregado através de um empilhador pelos colaboradores do armazém. Depois desta receção, o material é inspecionado, são verificadas cinco peças por lote pelos responsáveis da qualidade. Se essas peças forem aprovadas, o material é encaminhado para a zona de armazenamento definida pelo sistema SAP à hora de receção. Caso as peças não sejam aprovadas, estas seguem para a área de não qualidade, sendo que posteriormente podem ser recuperadas, caso seja possível, devolvidas, sujeitas a uma seleção ou então sucateadas.

A matéria-prima é entregue à produção por um comboio logístico, seguindo-se para área de conformação, seguida de montagem, fornos e, por fim, fugado. Depois de todos os processos necessários, o produto final é acondicionado e levado para o armazém novamente através de um comboio. Já no armazém é embalado, fechado, e colocado numa prateleira definida pelo sistema SAP à espera do respetivo camião para entregar ao cliente.

## 4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO ATUAL DA LINHA

Neste capítulo é descrito de forma detalhada a linha em estudo, em que é apresentado o *layout*, a descrição do processo produtivo e o processo de abastecimento e recolha do produto final. Deste modo, depois de conhecida a linha, procede-se a uma análise crítica para identificar os problemas existentes e as respetivas causas.

### 4.1 Caracterização da linha

O trabalho a desenvolver nesta dissertação tem como foco de melhoria a linha dos capacitários (7Y08). O nome desta linha provém das máquinas presentes na mesma, visto que são máquinas com bastante capacidade, conseguindo assim produzir um número de peças superior em relação às restantes máquinas no mesmo intervalo de tempo.

#### 4.1.1 Descrição da equipa e funcionamento da linha

Cada linha é composta por um *Product Leader*, três líderes de equipa e três técnicos de manutenção. O primeiro trabalha das 8 horas às 17 horas, e é encarregue por acompanhar as linhas que estão à sua responsabilidade, assim como dar orientações aos líderes de equipa.

Os líderes de equipa e os técnicos de manutenção trabalham por turnos e são responsáveis pelas linhas atribuídas ao respetivo *Product Leader*. Os líderes de equipa são incumbidos por coordenar as atividades dos elementos de equipa, liderar e participar ativamente nas atividades de resolução de problemas e garantir a qualidade do processo. O técnico de manutenção tem como principal função reparar as máquinas que avariaram durante a produção, e quando não ocorrem avarias deve realizar manutenções preventivas, ou seja, atuar de forma preventiva sobre as possíveis avarias.

A linha 7Y08 funciona em 2 turnos de 8 horas, o turno da manhã (06h-14h) e o turno da tarde (14h-22h) de segunda a sexta, à exceção da máquina de soldadura CMT (*Cold Metal Transfer*) que além dos dois supramencionados trabalha também durante a noite, das 22h às 6h. A linha é composta em média por cinco colaboradores por turno, sendo que o mesmo colaborador pode estar em mais do que uma máquina em simultâneo. As máquinas desta linha não necessitam de trabalhar todas em paralelo, uma vez que são máquinas com bastante capacidade, algumas podem e devem parar por períodos de tempo, de forma a não exceder o *stock* de produto final estipulado.

#### 4.1.2 Componentes e subconjuntos produzidos na linha

A linha em estudo nesta dissertação é uma linha de montagem produzindo apenas material interno, isto é, componentes que são consumidos na própria empresa, podendo ser utilizados na própria linha, sendo que assim esta é denominada de auto fornecedora, e também podem ser consumidos noutras linhas, em específico na linha dos fornos ou linha final.

Existem 113 componentes que através de processos de cravação e soldadura dão origem aos respetivos subconjuntos, num total de 61. De forma a perceber esta dimensão foi realizado um estudo em que se reuniu todas as referências e as respetivas descrições que se encontram na Tabela 31 do apêndice 1.

#### 4.1.3 Processo produtivo da linha, *layout* e fluxo de materiais

A linha 7Y08 é uma linha bastante extensa, composta por três áreas: 1) soldadura (7Y08-3); 2) cravação (7Y08-2) e 3) máquina de soldadura CMT (7Y08-4) e ainda a prensa, onde os componentes são furados. O *layout* da área em estudo encontra-se na Figura 7.

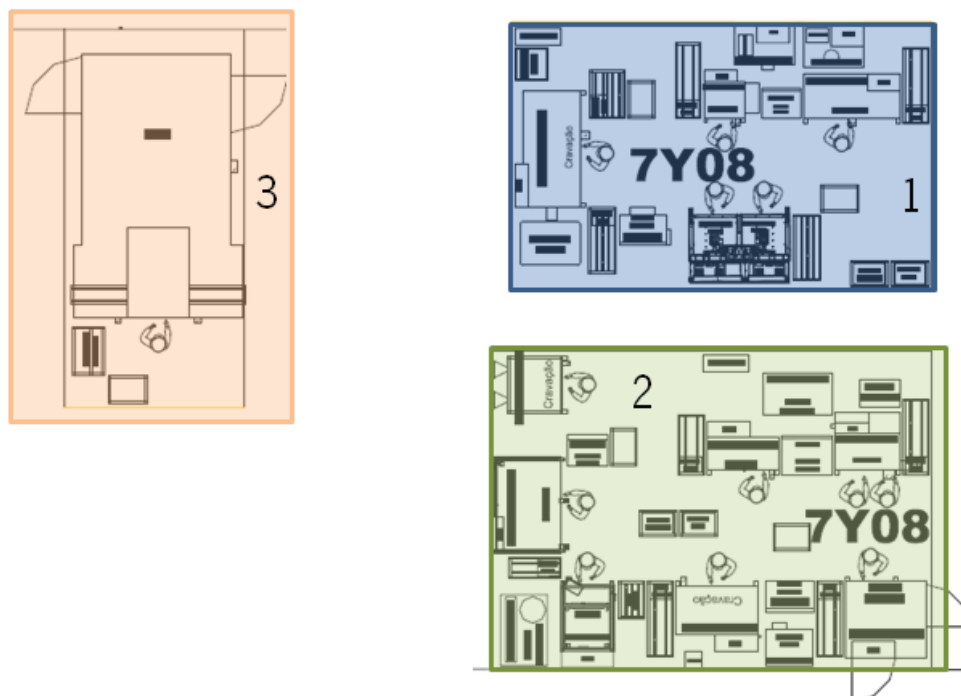


Figura 7 - Layout da linha 7Y08: 1) Soldadura; 2) Cravação; 3) Máquina de soldadura CMT

Esta linha é composta por diversas máquinas, de modo a garantir a produção dos 61 subconjuntos. O número de máquina e descrição da mesma encontra-se na Tabela 4. De salientar, que este código é sequencial atribuído após a compra da máquina pela empresa.

Tabela 4 – Tipo de máquina, número, código e respetiva descrição

Tipo de máquina	Número	Código de máquina	Descrição
Soldadura	4	1100000XXXX	Máquina de Soldadura CMT
		1100000XXXX	Máquina de Soldadura SR
		1100000XXXX	Máquina de Soldadura SR
		1100001XXXX	Máquina de Soldadura SR
Cravação	5	1100000XXXX	Máquina de Cravação
		1100000XXXX	Máquina de Cravação
		1100000XXXX	Máquina de Cravação 3 Cabeçais
		1100000XXXX	Máquina de Cravação Neo
		1100000XXXX	Máquina de Cravação
Rolado	1	1100000XXXX	Máquina de Rolado
Rebitar	1	1100000XXXX	Máquina de Rebitar
Prensa	1	1100000XXXX	Máquina de Prensa
Calibrado	1	1100000XXXX	Máquina de Calibrar

Como é possível observar pela tabela acima, a maioria das máquinas executam o mesmo processo, no entanto, existem diferenças. Relativamente às máquinas de soldadura, existem máquinas que oferecem uma soldadura mais resistente do que as restantes sendo que, numa fase posterior os subconjuntos concebidos não precisam de ir ao forno indo diretamente para a linha final.

Uma outra diferença nestas máquinas é existirem subconjuntos que precisam de oito pontos de soldadura assim a máquina ideal para produzir estes subconjuntos seria uma máquina de soldadura que apenas em um ciclo consegue conceber os oito pontos de uma só vez, no entanto existem máquinas que apenas conseguem fazer um em cada ciclo, sendo então, necessário oito ciclos para finalizar um subconjunto.

Já em relação às máquinas de cravação, existem máquinas hidráulicas, i.e., funcionam à base de óleo e outras elétricas, sendo que umas permitem uma cravação mais eficaz englobando três fases: 1) calibrado, 2) pré-cravado e 3) cravado, enquanto outras oferecem apenas a fase de cravado, estando o subconjunto formado mais propicio a problemas devido à má cravação.

A linha em estudo não tem um processo produtivo comum a todos os subconjuntos formados na mesma, isto porque é uma linha com bastante capacidade, não se dedicando apenas à produção de determinado produto. Como foi mencionado acima existem subconjuntos que necessitam de determinada máquina, sendo ela insubstituível por outra presente na linha.

O estudo presente nesta dissertação passou pela máquina de soldadura CMT, sendo que se encontra num local distante das restantes máquinas da linha, no entanto, pertence à mesma. Na Figura 8 encontra-se o *layout* da empresa, com a máquina CMT salientada a verde e a restante linha em estudo a vermelho.

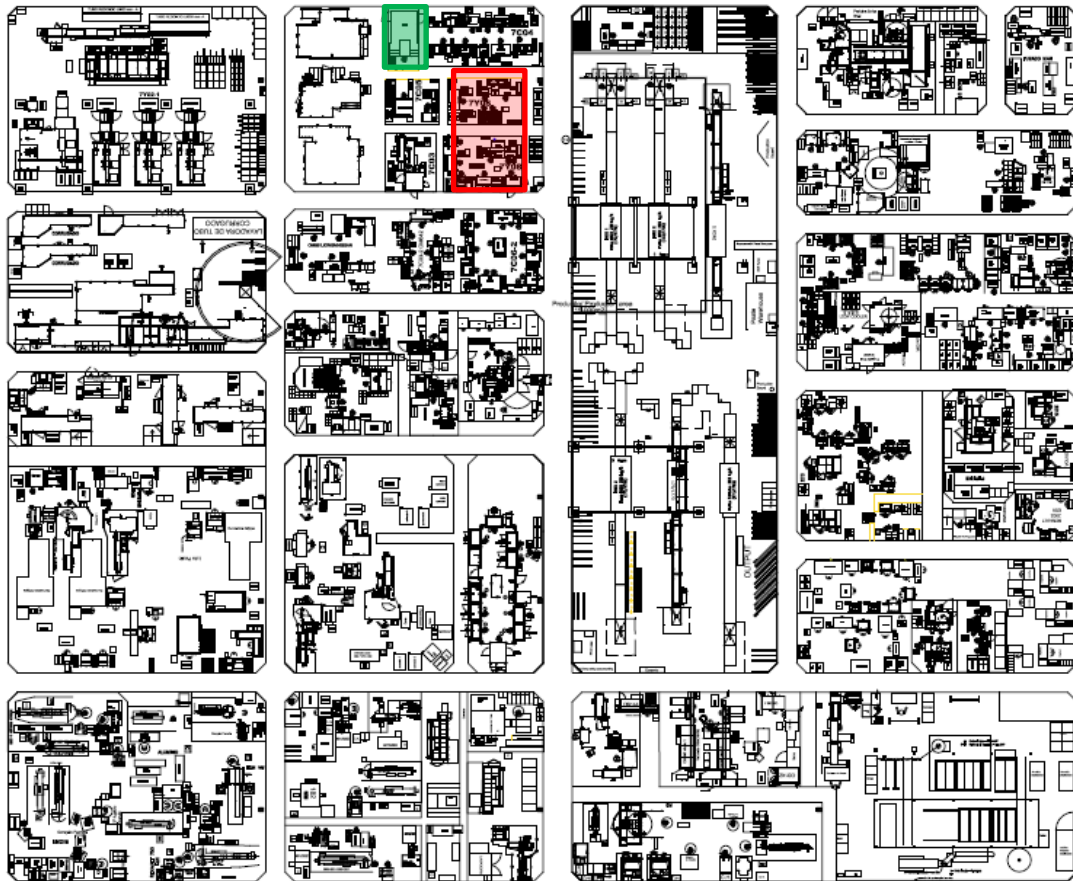


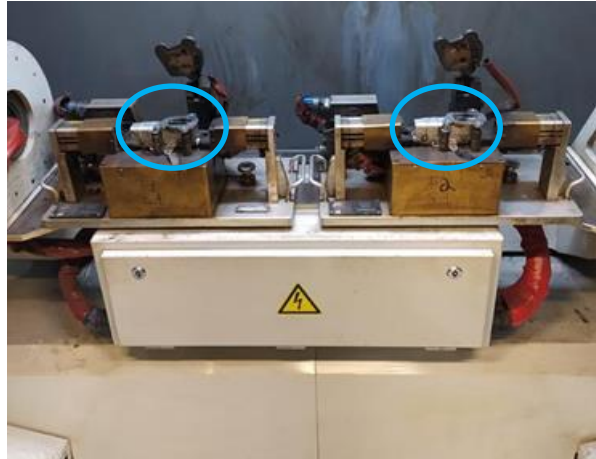
Figura 8 - Layout geral com a linha e máquina em estudo salientadas: a verde - máquina de soldadura; a vermelho- linha

A visualização do posto de trabalho da máquina de soldadura CMT encontra-se na Figura 9.



Figura 9 - Posto de trabalho da CMT

Esta máquina é bastante complexa, tendo capacidade para produzir duas a três peças de uma só vez, é uma máquina giratória, contendo dois lados, em que em cada lado são inseridos os componentes para a produção das peças. Na Figura 10 encontra-se a máquina detalhada com apenas duas maquetes, com os locais onde se colocam os componentes salientados.



*Figura 10 – Detalhe da colocação das peças na máquina CMT*

Nesta máquina, o operador apenas necessita de colocar os componentes na máquina, clicar no botão de início de ciclo, dando assim a indicação que as portas se podem fechar e a máquina pode girar, depois disto, procede ao controlo das peças produzidas previamente. Posteriormente, quando as peças se encontram soldadas a máquina volta a girar, isto porque o operador já tinha clicado no botão de iniciar, dando a indicação que já não se encontra dentro da máquina. Depois de girar abrem-se as portas, podendo o operador retirar as mesmas, colocar na bancada de controlo, colocar novamente os componentes nos locais adequados e posteriormente voltar a clicar no botão de início de ciclo.

De salientar que a soldadura é totalmente realizada pela máquina, o colaborador apenas tem visão deste processo através de um pequeno ecrã inserido na mesma, que emite o vídeo deste processo, uma vez que existe uma câmara do outro lado da máquina, não existindo qualquer risco para a saúde do colaborador. A existência desta câmara também é útil nos momentos em que os pontos de soldadura não são os devidos, isto porque é necessário ajustar a ponteira, e assim o técnico de manutenção consegue visualizar como é que a ponteira faz os pontos de modo a avaliar o modo como deve ajustar.

#### 4.1.4 Abastecimento de Matéria-Prima e Recolha do Produto final

A empresa BorgWarner fornece produtos para clientes externos, como Jaguar, BMW, GM, entre outros, e também é auto fornecedora, i.e., umas linhas fornecem produtos a outras para estas produzirem os produtos mais complexos.

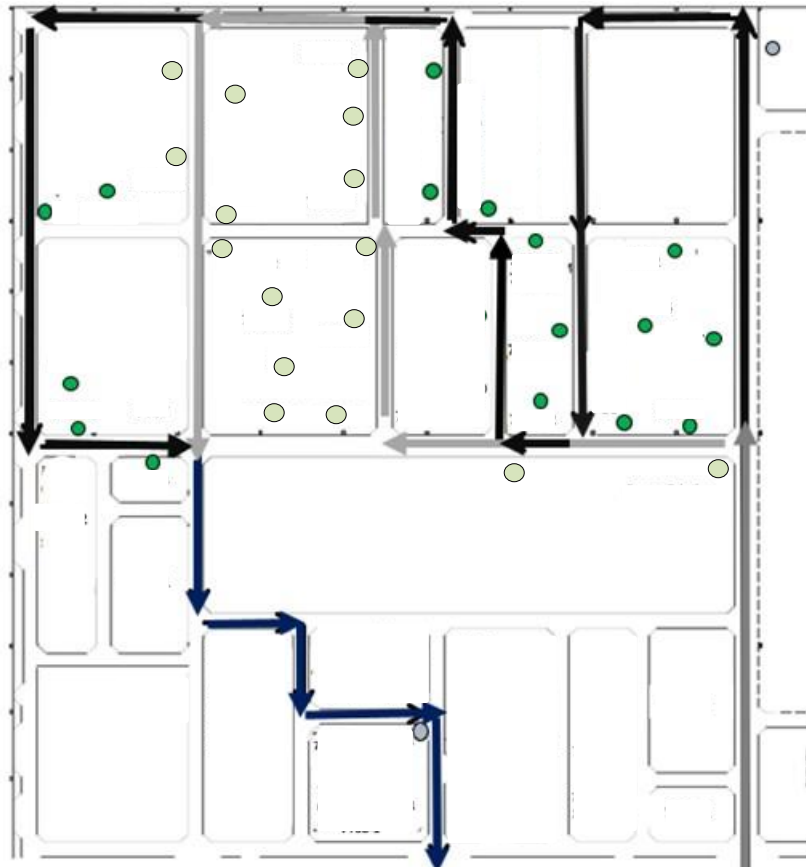
A organização tem dois armazéns, um armazém externo localizado em Neiva e um interno localizado na empresa em Viana. O processo de pedido de matéria-prima aos fornecedores externos é feito por via eletrónica aos domingos à noite e é valido por quatro meses. Este material é entregue no armazém

externo para mais tarde ser transportado para o armazém interno. Este último transporte é feito quatro vezes por dia, sendo que os pedidos são feitos três horas antes de cada transporte.

Estes pedidos são feitos para serem transportados na próxima viagem, ou seja, às 9h é feito o pedido para vir no camião das 12h, o pedido das 12h é para ser cumprido às 15h, e assim sucessivamente. Estes pedidos surgem com base na última operação do produto (fugado), ou seja, se o pedido está previsto para o dia 15, apenas está programado ser posto em linha três dias antes.

Depois de o produto se encontrar na fábrica, este primeiramente é armazenado em *Transaction Area Warehouse* (TAW), aí é identificado com etiquetas SAP, para posteriormente ser armazenado em *Storage Racks Warehouse* (SRW). Cada colaborador do comboio logístico deve percorrer as linhas a si destinadas e analisar os supermercados de forma a ver os produtos em falta e os necessários à produção para na próxima volta, que é aproximadamente dali a 30 minutos, trazer para as linhas.

O comboio logístico também é responsável por movimentar o material entre linhas, uma vez que umas linhas são fornecedoras de outras. À semelhança da entrega da matéria-prima à respetiva linha, a recolha do produto final de cada linha também acontece de 30 em 30 minutos, com recurso ao comboio logístico. Nas Figura 11 e Figura 12 são apresentados os percursos dos quatro comboios logísticos que percorrem a fábrica. Na Figura 11 são apresentados os percursos do comboio logísticos da montagem 1 (seta preta) e da montagem 2 (seta cinza), a seta azul refere-se ao percurso que ambos percorrem.

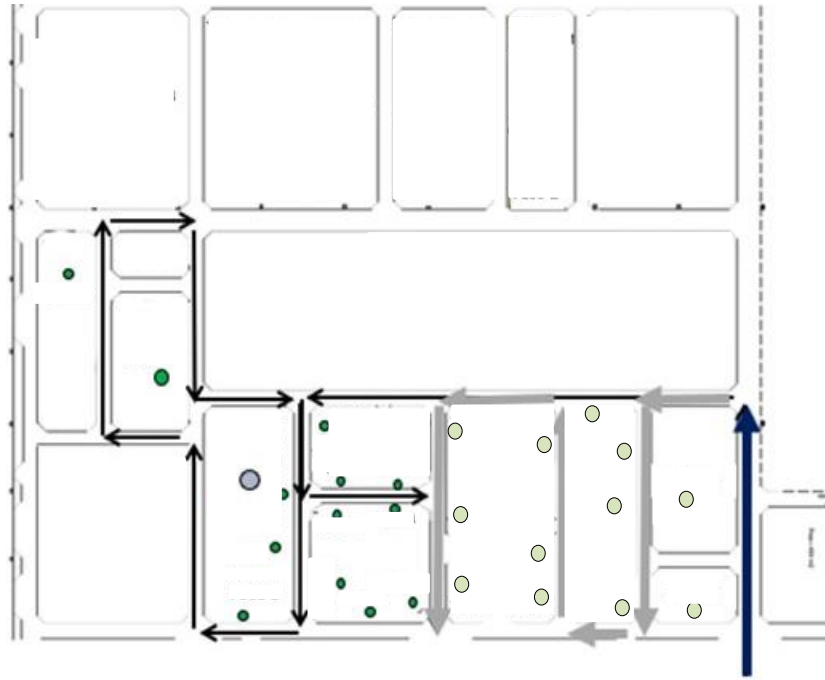


- - Abastecimento de matéria-prima; Recolha de caixas vazias; Entrega de caixas limpas; Entrega de carros logísticos; Recolha de sucata (montagem 1);
- - Abastecimento de matéria-prima; Recolha de caixas vazias; Entrega de caixas limpas; Entrega de carros logísticos; Recolha de sucata (montagem 2);
- - Recolha de produto terminado; Entrega de embalagens (montagem 1).

*Figura 11 - Rota dos comboios logísticos na área de Montagem*

Já na Figura 12 são apresentados os percursos do comboio logísticos do fugado 1 (seta cinza) e fugado 2 (seta preta), a seta azul refere-se ao percurso que ambos percorrem.





- Abastecimento de matéria-prima; Recolha de caixas vazias; Entrega de caixas limpas; Entrega de carros logísticos; Recolha de sucata (fugado 1);
- - Abastecimento de matéria-prima; Recolha de caixas vazias; Entrega de caixas limpas; Entrega de carros logísticos; Recolha de sucata (fugado 2);
- Recolha de produto terminado; Entrega de embalagens (fugado 2).

*Figura 12 - Rota dos comboios logísticos na área de Fugado*

#### 4.1.5 Funcionamento dos supermercados

A linha em estudo contém supermercados de entrada e de saída. O primeiro é apenas composto por supermercados de estante (Figura 13).



*Figura 13 - Supermercado de componentes*

Como é visível o supermercado de entrada é composto por três estantes, duas com as mesmas dimensões e uma de dimensões maiores. Estas encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 - Dimensões das estantes de entrada

	Estantes menores	Estante maior
Prateleira superior	135 cm	144 cm
Prateleiras intermédias	102 cm ; 70 cm	105 cm ; 64 cm
Prateleira inferior	39 cm	24 cm

Relativamente aos supermercados de saída, este divide-se em dois tipos de supermercado: chão e estante. O de estante da Figura 14 é preenchido por produtos de baixo consumo.



Figura 14 - Supermercado de estante do produto final

Anteriormente, nos supermercados da linha apenas existiam caixas azuis *Multipack*, estas tinham as dimensões semelhantes às de cor cinza, que são utilizadas atualmente, no entanto possuíam tampa e assim, era necessário abrir cada caixa para ver o que continham. Posteriormente foram criadas e implementadas umas caixas mais práticas pertencentes à BorgWarner, sendo elas normalizadas. Estas são apresentadas na Figura 15: cinza (Figura 15 a)), laranja (Figura 15 b)) e amarela (Figura 15 c)).

Assim, era possível alocar os produtos mais pequenos nas caixas amarelas, visto que estas são as de menor dimensão (30 x 20 x 10 (cm)), os de tamanho intermédio nas laranjas (39 x 29,5 x 10 (cm)), e nas caixas cinza colocar-se-ia os produtos de maior dimensão (40 x 30 x 20 (cm)). No entanto, em cada caixa era necessário ter em atenção o peso, pela norma interna da empresa este não deve ultrapassar os 12kg.



Figura 15 – Tipos de caixa e conteúdo: a) caixa cinza; b) caixa laranja; c) caixa amarela

Já os supermercados de chão são constituídos por produtos de maior consumo, uma vez que tem uma maior capacidade (Figura 16) ocupando uma área de 7,19 m<sup>2</sup>.



Figura 16 - Supermercado de chão

Aqui apenas são colocadas caixas cinza e laranja, tendo um limite máximo 12 e 24 caixas em cada espaço, respetivamente, isto para prevenir alturas muito elevadas de caixas e também haver um controlo de *stock*.

Como foi possível observar pelas imagens acima, em cada espaço do supermercado da estante e do chão existe uma etiqueta de identificação de espaço, esta etiqueta difere do supermercado de entrada para o de saída.

Na Figura 17 encontra-se um exemplo das etiquetas dos supermercados de entrada (componentes).

Estas são compostas por diferentes domínios: identificação da linha e do cliente final (ocultado por questões de confidencialidade), referência e descrição do componente e do subconjunto final, e ainda a fotografia deste último para uma fácil identificação por parte do colaborador.

7C06-2 Linha Montagem			
Ref: componente	Descrição	Foto	Ref: Subconjunto
E103004	Filtro		E1030043032C0
			Descrição Subconjunto: Subconjunto Filtro

Figura 17 – Exemplo de etiquetas dos supermercados de entrada

Já as etiquetas dos supermercados de saída (Figura 18) diferem das mencionadas acima, contendo apenas a referência e descrição do subconjunto, a fotografia, e a quantidade máxima e mínima do mesmo. Estas quantidades servem de referência ao colaborador da linha para alertar da quantidade que deve existir no mínimo no supermercado (QTD MIN), e a que deve existir no máximo (QTD MÁX), de forma a evitar excesso de *stock* e paragens na linha do cliente por falta de material.

7C06-2 Linha Montagem			
Ref:	Descrição produto:	Foto:	QTD MIN
E387001	Subconjunto Outlet		300
			QTD MÁX 550

Figura 18 - Etiqueta de supermercado de saída

## 4.2 Análise crítica e identificação de problemas

Nesta secção é apresentada uma análise crítica do estado atual da linha, assim como também são apresentados em detalhe os problemas encontrados. Esta análise durou cerca de 3 meses e passou por diversas observações, conversas e *brainstormings* com os líderes de equipa, com o *Product Leader*, e com os colaboradores da linha. Além disso, também se recorreu à ferramenta de diagnóstico VSM. Em primeiro lugar são apresentados os problemas encontrados através desta ferramenta, em seguida os problemas relatados pelos colaboradores e, por último, os problemas deparados através de conversas com os líderes de equipa assim como com o *Product Leader*.

### 4.2.1 Seleção do produto e descrição do processo produtivo do mesmo

O produto escolhido para ser estudado nesta dissertação foi o produto do cliente AAA, que tem como referência E387003XXXXXX. Chegou-se a este termo pela indicação do *Product Leader* por ser um dos produtos mais representativos, em termos de quantidade, produzidos na linha. Além disso, o seu processo engloba duas máquinas na produção do mesmo, sendo assim possível haver uma melhoria significativa na linha, através do estudo de apenas um produto. O produto selecionado é constituído por dois subconjuntos e cada subconjunto por dois componentes. Na Figura 19 é apresentada a lista de

materiais com as respetivas figuras de cada componente e subconjunto e a quantidade necessária para a produção do produto final.



Figura 19 - Lista de materiais do produto a estudar

Como foi mencionado acima, a produção deste subconjunto passa por duas máquinas: a máquina de cravação de 3 Cabeçais e a máquina de cravação Neo, ambas tem em comum a sua função, sendo ela a cravação de componentes.

#### 4.2.1.1 Layout e fluxo de materiais

Como foi apresentado na secção 4.1.3 a linha em estudo apresenta três secções, no entanto, o projeto realizado passou por apenas duas delas, nomeadamente, a secção de cravação (7Y08-2) (Figura 20 a)) e da máquina de soldadura CMT (7Y08-4) (Figura 20 b)). Na Figura 20 são apresentadas estas duas secções.

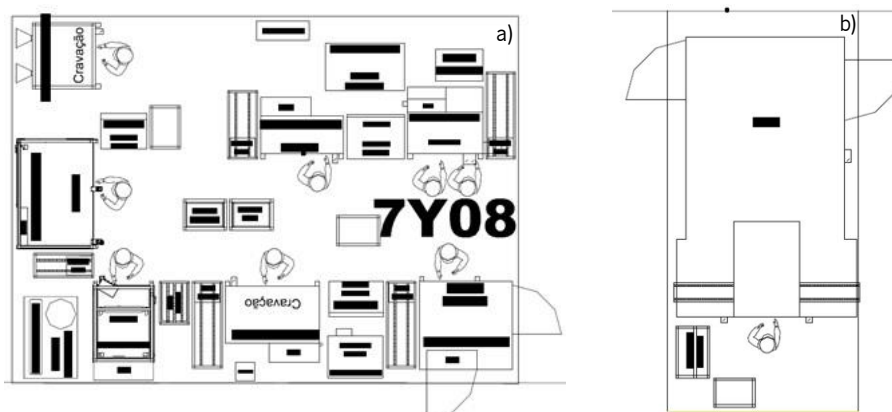


Figura 20 - Layout: a) área de cravação; b) área da CMT

O *layout* geral da empresa encontra-se na Figura 21, onde se mostram as áreas em que o produto em estudo passa, percorrendo 650 metros desde a saída do armazém, até entrar novamente, já como produto final.



- Percurso dos componentes gás box, casquilho e brida desde o armazém até à linha 7Y08;
- Percurso do componente tubo desde o armazém até à linha 7Y08;
- Percurso do produto final desde a linha 7Y08 até ao armazém, onde vai ser embalado e entregue ao cliente.

Figura 21 - Fluxo de materiais do produto em estudo

#### 4.2.1.2 Processo produtivo do produto e máquinas envolvidas

O processo do produto final envolve apenas um tipo de processo (cravação), no entanto é realizado em três fases: 1) cravação do tubo com *flange*; 2) cravação da gás box com casquilho; 3) cravação da gás box + casquilho com tubo + *flange*. O diagrama de análise de processo da Figura 22 mostra as três fases supramencionadas.

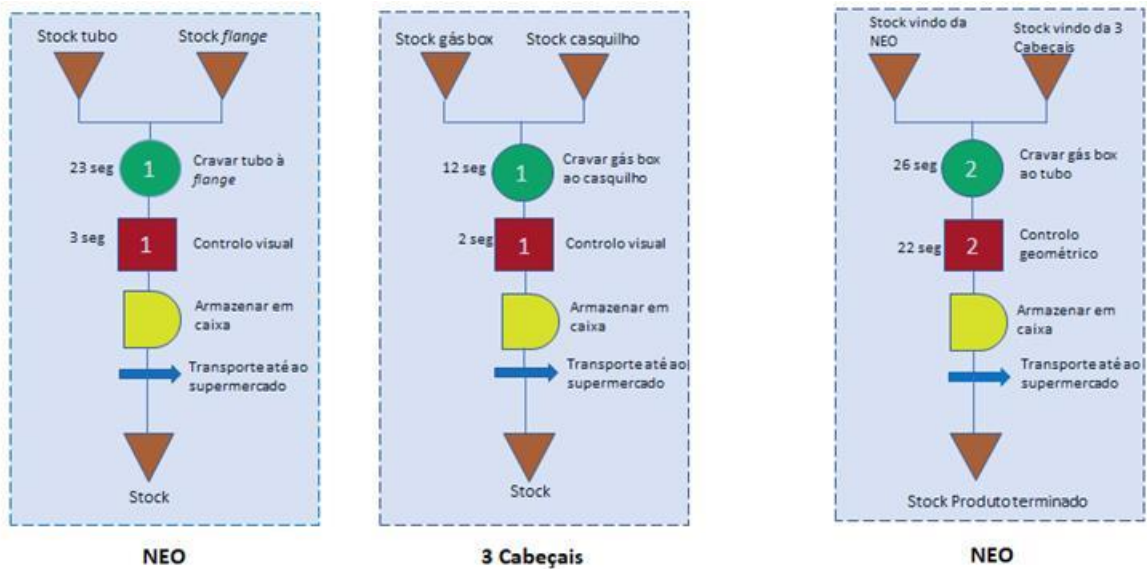


Figura 22 - Diagrama de análise de processo do produto final E387003XXXXXX

Na Figura 23 é apresentada a vista de frente da linha, com a respetiva identificação das máquinas de cravação em estudo.



Figura 23 - Vista da linha com identificação de máquinas: 1) Neo 2) produto final 3) matéria-prima

As máquinas que trabalham o produto em estudo estão assinaladas com o número 1. Do lado esquerdo da imagem encontra-se a máquina Neo, e à direita desta a respetiva bancada, junto desta última situa-se a máquina de cravação 3 Cabeçais e a também a sua bancada. Numerado com o número 2 encontra-se o produto final, já o local denominado com o número 3 corresponde à matéria-prima ou aos subconjuntos que irão dar origem ao produto final em estudo. A matéria-prima vem do armazém até ao supermercado de entrada da linha, já os subconjuntos vêm do supermercado de chão que se encontra junto à própria linha, isto porque previamente foram produzidos na mesma.

Na Figura 24 a) apresenta-se a máquina de cravação Neo, já na Figura 24 b) encontra-se a máquina numa imagem detalhada, onde se realça os locais onde se inserem componentes. Nesta máquina dá-se a cravação entre os componentes *flange* e tubo e posteriormente a cravação de ambos os subconjuntos, dando origem ao produto final.

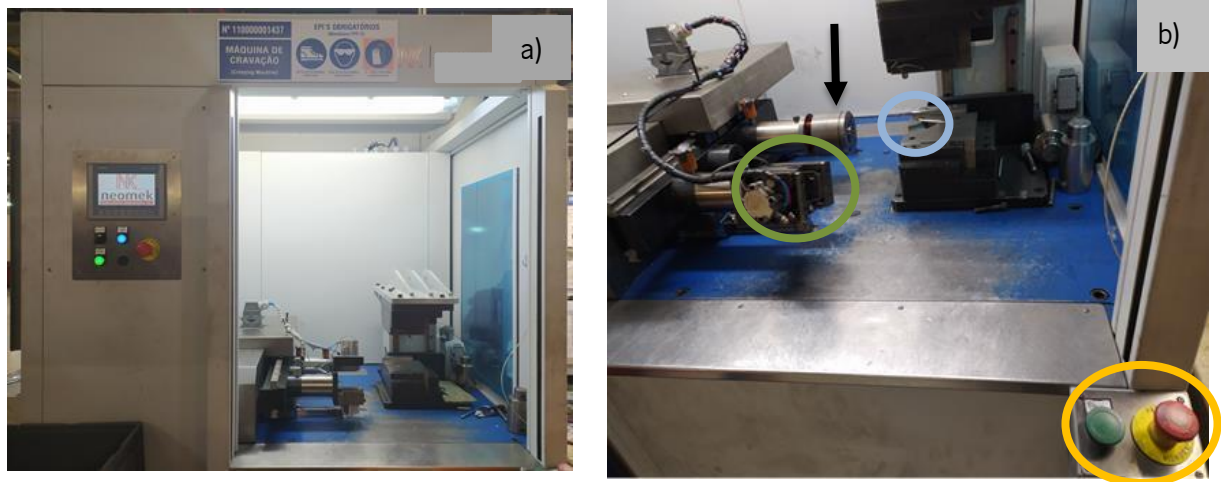


Figura 24 - a) Máquina Neo b) Máquina com os locais de inserção de material salientados

O processo de cravação nesta máquina começa pela inserção dos componentes, tubo e *flange*, nos respetivos locais, o primeiro componente mencionado é inserido no local assinalado a azul, enquanto o segundo é colocado no cabeçal a verde. Seguidamente, é necessário clicar no botão verde para dar início à operação, o botão do lado direito com cor vermelha apenas deve ser utilizado caso seja necessário parar a máquina numa situação de emergência.

Depois de iniciada a operação, o material acima do círculo azul baixa de modo a prender o tubo, seguidamente o cabeçal marcado com seta negra, estende até ao local onde se encontra o tubo, fazendo um processo de calibrado, recuando depois, posteriormente a máquina desliza de modo a que o cabeçal onde se encontra a *flange* fique em frente ao local onde se situa o tubo, estendendo, de modo a cravar a *flange* ao tubo. Depois desta cravação a máquina volta à situação inicial que é a apresentada na imagem acima. Posto isto o colaborador faz o controlo visual, apenas de hora a hora controla a peça a nível geométrico com o útil de controlo da Figura 27.

Relativamente à máquina responsável pela cravação da gás box ao casquilho é denominada máquina de cravação 3 Cabeçais, cuja imagem se encontra na Figura 25 a). À semelhança da máquina exposta acima, na Figura 25 b) apresenta-se também uma figura detalhada da máquina de cravação de 3 Cabeçais onde se destaca os locais de inserção de componentes.



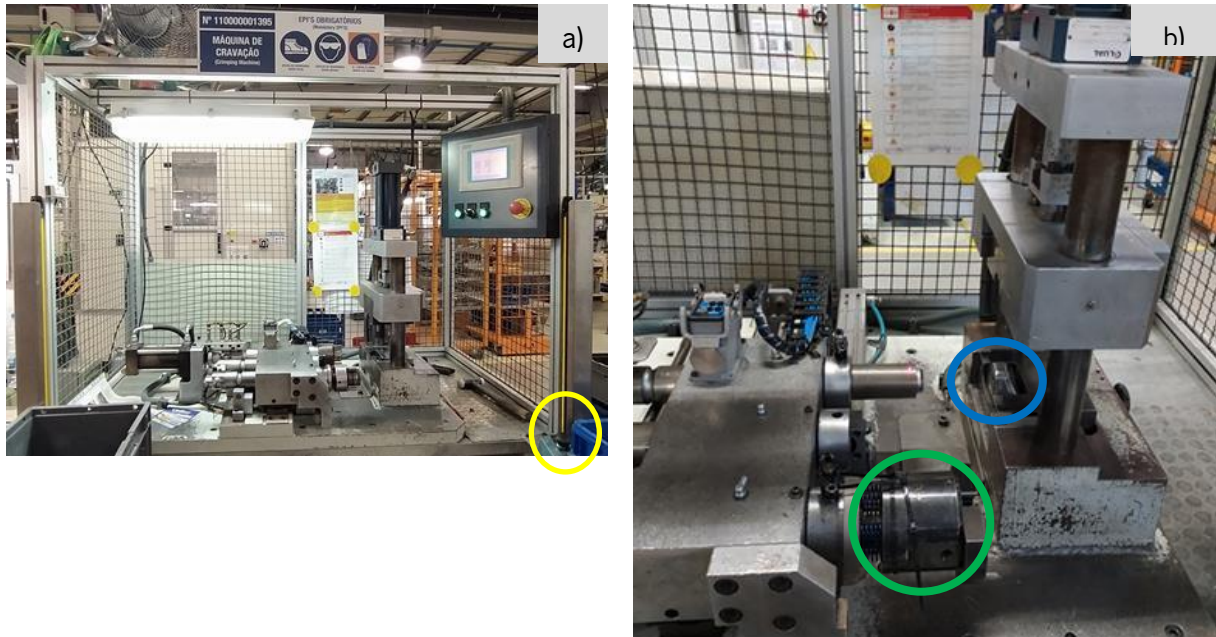


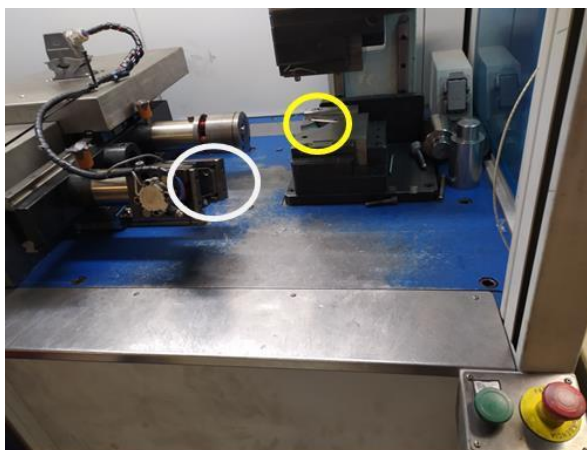
Figura 25 – a) Máquina de cravação 3 Cabeçais b) Máquina com os locais de inserção de material salientados

Nesta máquina, no cabeçal, assinalado a verde, é colocado o casquilho, e no local assinalado a azul é colocada a gás box. Depois de cada componente estar no devido lugar, o colaborador clica no botão de início de ciclo, que nesta máquina é de cor negra, como mostra a Figura 25 a).

Posto isto, os cabeçais, que se encontram do lado esquerdo da Figura 25 b) deslizam para que o casquilho fique em frente à gás box, seguidamente o cabeçal onde se encontra o casquilho estica de modo a cravá-lo na gás box, posteriormente a máquina volta à posição inicial. Depois de produzido o subconjunto, o colaborador faz o controlo visual, que à semelhança do controlo do subconjunto *tubo + flange*, este também apenas é controlado de hora a hora a nível geométrico com o útil de controlo da Figura 27.

Por último, volta a ser usada a máquina Neo para a união dos subconjuntos, no entanto há alterações na máquina para a cravação do produto final, nomeadamente nos locais de inserção de componentes.

Na Figura 26 é apresentada novamente a máquina Neo ao detalhe, no entanto na produção do produto final esta sofre alterações no local assinalado a branco, visto que é colocado o subconjunto gás box + casquilho, e no lugar assinalado a amarelo, uma vez que se coloca o subconjunto tubo + *flange*. Posteriormente o processo que se realiza na cravação destes dois subconjuntos é igual ao que se efetua na junção dos componentes tubo e *flange* que se encontra descrito acima.



*Figura 26 - Máquina Neo ao detalhe*

Posto isto, este subconjunto passa pela bancada de controlo geométrico, visto que nesta referência a gama de controlo menciona que deve sempre passar pelo útil de controlo, isto é, deve existir inspeção a 100% a nível geométrico, e não apenas de hora a hora como nos subconjuntos anteriores.

Aqui é analisado se a peça se encontra OK, a nível geométrico de modo a que possa prosseguir para o cliente, caso não se encontre OK, é necessário ajustá-la com o apoio de um martelo. O colaborador deve dar marteladas na peça de modo a que esta fique conforme os ajustes que o cliente pretende, havendo assim, peças que necessitam de um maior ajuste que outras.

Na Figura 27 é apresentada a bancada, assim como o local onde se insere o subconjunto produzido na Neo.



*Figura 27 - Bancada de controlo geométrico*

#### 4.2.2 Análise do fluxo de materiais usando o VSM

De forma a compreender melhor o processo de produção do produto selecionado, o fluxo de materiais e de informação o investigador optou por construir um VSM. Para esta construção foi necessária uma análise cuidada do processo produtivo dos subconjuntos e do produto final. Desta forma procedeu-se à identificação das máquinas necessárias para a produção deste produto, e seguidamente cronometrou-

se 24 tempos de ciclo (TC) de cada operação necessária para a produção do produto final. Posteriormente fez-se uma avaliação ao número de observações, para averiguar se eram suficientes, efetuando-se o cálculo do número de observações necessárias. Esse processo de cálculo encontra-se no apêndice 2.

Já para o cálculo de tempos de *setup* (TS), foram realizadas 10 observações, e sucessivamente fez-se a mesma avaliação mencionada acima, esta encontra-se também no apêndice 2. De salientar que na construção do VSM apresentado na Figura 28, não se considerou as bancadas de controlo na produção dos subconjuntos gás box+ casquilho e tubo + *flange*, uma vez que apenas são usadas de hora em hora.

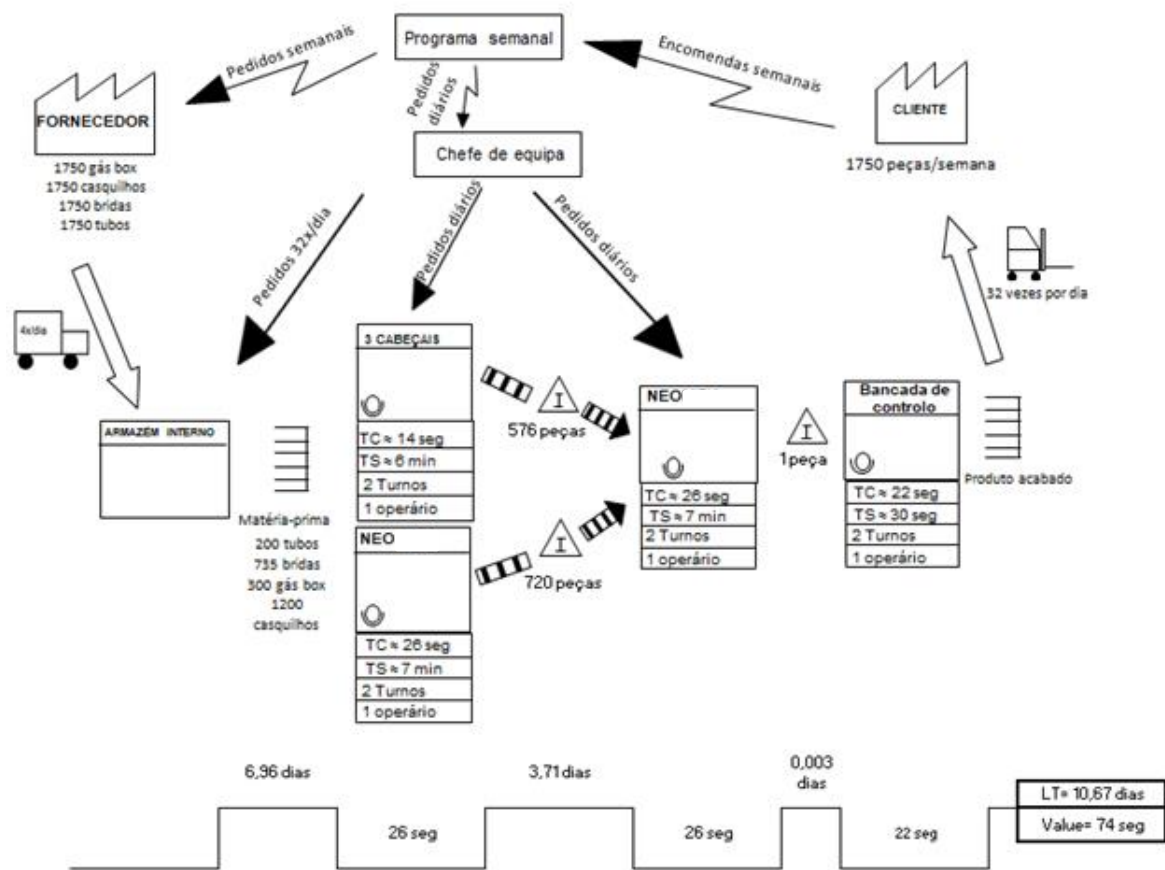


Figura 28 - VSM do estado atual do produto final

Para obter os valores do WIP entre postos foi necessária uma análise cuidada aos supermercados, visto que depois de produzidos os subconjuntos estes seguem para supermercado para posteriormente serem utilizados na produção do produto final. Na Figura 28 é apresentado o resultado final da construção deste mapa da cadeia de valor.

Posto isto, procedeu-se ao cálculo do *Takt Time* (TT), este valor dá-se pela divisão entre o tempo disponível pela procura. Como é possível observar pelo VSM, a procura corresponde a 1750 peças/semana, o que equivale a 350 peças/dia. Depois de realizada esta operação, obteve-se o valor de 0,04114 horas, isto corresponde a um valor de 148 segundos. Como o valor do TC é inferior ao valor do TT, isto significa que se consegue satisfazer a procura, no entanto existe *stock*. Na Figura 29 é apresentada a relação existente entre TT e TC.

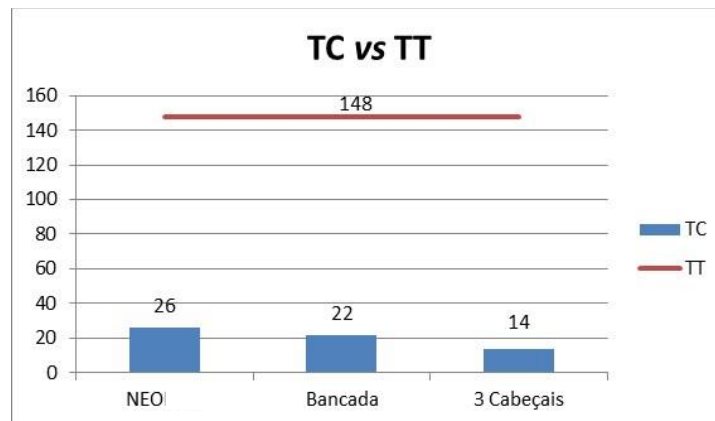


Figura 29 - Tempo de ciclo das operações nas máquinas vs Takt Time

Posteriormente recorreu-se ao diagrama de *Gantt* em que é apresentado o processo de produção de um produto numa escala temporal (Figura 30).

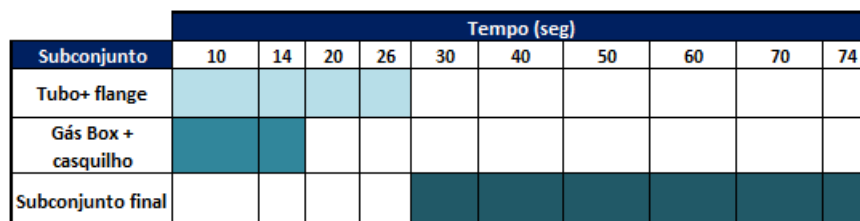


Figura 30 - Diagrama de Gantt do tempo total de percurso do produto

Depois de concluído o VSM, procedeu-se à análise do mesmo, em que é notória a diferença entre o *lead time* e o tempo das atividades que acrescentam valor, visto que apenas adiciona valor cerca de 74 segundos num total de 10,67 dias.

#### 4.2.2.1 Elevado *lead time* e *WIP*

O *lead time* elevado é causado pelo valor de *WIP*, visto que este último corresponde a valores bastante elevados. Depois de investigada a razão para estes valores, chegou-se à conclusão que a principal passava pelo incorreto dimensionamento do supermercado. Além disto, como já foi mencionado na secção 4.2.2 apenas se produzia o produto final, quando já existia uma quantidade avultada no supermercado dos subconjuntos gás box + casquilho e *flange* + tubo.

Apesar do primeiro subconjunto ser produzido noutra máquina, só em ocasiões muito raras, é que se produz este subconjunto ao mesmo tempo que o produto final. As etiquetas colocadas no supermercado de chão encontram-se na Figura 31. Estas apresentam a quantidade mínima que deve existir no supermercado e máxima que este tem capacidade para alocar, não ultrapassando o limite de 6 caixas como foi mencionado na secção 4.1.5, visto que as caixas onde se armazenam estes subconjuntos correspondem às caixas cinza. Na Figura 31 a) é apresentada a etiqueta correspondente ao subconjunto *flange + tubo*, a Figura 31 b) corresponde ao subconjunto gás box + casquilho, já a Figura 31 c) corresponde ao subconjunto final.

7C06-2 Linha Montagem a)				7C06-2 Linha Montagem b)				7C06-2 Linha Montagem c)			
Ref:	Descrição produto:	Foto:	QTD MIN	Ref:	Descrição produto:	Foto:	QTD MIN	Ref:	Descrição produto:	Foto:	QTD MIN
E114003	Cravar flange + tubo		360	E387003	Cravar gasbox + casquilho		288	E387003	Subconjunto gasbox FCA		324
			720				576				648

Figura 31 - Etiquetas dos: a) subconjunto flange + tubo; b) subconjunto gás box + casquilho c) produto final

#### 4.2.2.2 Elevado tempo de transporte e procura nas trocas de referência

Ao observar a troca de referência, foi notável o elevado tempo despendido em transporte e procura de ferramentas. Assim, foi realizado um estudo para ambas as máquinas, em que se recorreu a uma tabela de modo a perceber qual o tempo real desperdiçado assim como a distância percorrida.

No apêndice 3 encontra-se a descrição das atividades realizadas pelo operador e pelas máquinas 3 Cabeçais e Neo. Através da análise destas atividades, foi possível constatar o elevado tempo despendido em transporte, assim como na procura das ferramentas necessárias para a troca de referência. Para avaliar este tempo em comparação com o tempo em que efetivamente é acrescentado valor, realizaram-se gráficos circulares, onde é apresentado a proporção entre o tempo que acrescentar valor (AV), e o tempo que não acrescenta (NAV), diferenciando no tempo despendido em procura de ferramentas e em transporte de material. Na Figura 32 é apresentado o gráfico relativo à máquina Neo.

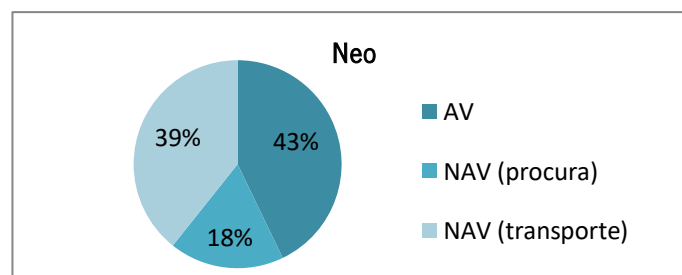


Figura 32 - Proporção entre atividades AV e NAV na máquina Neo

Como é possível observar apenas 43% do tempo de cada troca de referência é que realmente acrescenta valor, os restantes 57% são despendidos em transporte e na procura de ferramentas.

Já na Figura 33 é apresentado o gráfico relativo à máquina 3 Cabeçais. Nesta é possível observar que a percentagem do tempo que acrescenta valor é cerca de 6% superior ao da máquina Neo, no entanto ainda é possível observar percentagens significativas do tempo que não acrescenta valor.

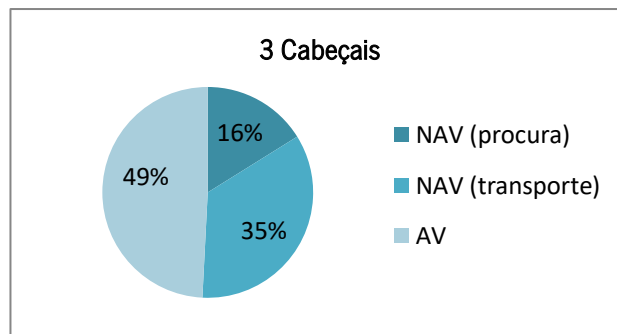


Figura 33 - Proporção entre atividades AV e NAV na máquina 3 Cabeçais

Depois desta primeira análise, decidiu-se averiguar as causas para estes tempos elevados, através de várias observações a trocas de referência, chegando, assim, às seguintes conclusões:

- Tempos elevados em transportes: estes correspondem a transporte manual de ferramentas pois não existe qualquer meio para os transportar. Como os cabeçais e as mordças são bastante pesados, variando conforme o tamanho, este transporte é feito um a um, acrescentando assim, cerca de 112 segundos à troca de referência.
- Tempos elevados na procura de ferramentas: as ferramentas encontram-se dentro de caixas azuis como mostra a Figura 34, desta forma o colaborador não tem qualquer visão sobre o que há dentro destas, sentindo necessidade de abrir caixa a caixa, acabando por utilizar mais 50 segundos aproximadamente.



Figura 34 - Estante de ferramentas

#### 4.2.2.3 Elevado tempo de espera na máquina Neo

Aquando da realização do VSM, na máquina de cravação Neo foi possível notar o elevado tempo em esperas por parte do colaborador enquanto esta realizava a operação. Assim, de modo a avaliar esses desperdícios e o tempo gasto foi necessário realizar um diagrama de sequência para o executante. Este encontra-se no apêndice 4. De notar que como o subconjunto tubo e *flange* é produzido na mesma máquina que o produto final, ou seja, o processo produtivo é o mesmo, apenas se realizou o diagrama de sequência para o produto final. Na Tabela 6 é apresentado um resumo dos resultados do diagrama de sequência.

Tabela 6 - Tabela síntese da informação do diagrama de sequência

Atividades		Atual
Operação	○	1
Transporte	⇒	7
Controlo	□	0
Espera	⏸	18
Armazenagem	▽	0
Total (seg)		26
VA		3,85%
NAV		96,15%

Através de uma análise cuidada ao diagrama de sequência foi possível notar que a máquina em estudo por cada operação, isto é, por cada 26 segundos, 18 segundos correspondem a esperas, 7 segundos a transporte, correspondendo a 96,15% do tempo que não acrescenta valor. Em contrapartida apenas acrescenta valor 1 segundo o que corresponde 3,85% do tempo de cada ciclo.

De forma a estudar este problema, começou-se por analisar o *layout* das máquinas em questão. Como foi visível na Figura 23 da secção 4.2.1 a disposição das máquinas é a apresentada na Figura 35.



Figura 35 - Disposição das máquinas

Uma vez que a produção do produto final acontecia depois dos subconjuntos gás box + casquilho e tubo + *flange* estarem no supermercado já produzidos, eram necessários quatro colaboradores, um na produção e controlo do subconjunto tubo + *flange*, um na produção e controlo do subconjunto gás box + casquilho e, por fim, duas pessoas para a produção do subconjunto final e o respetivo controlo geométrico.

Assim, depois de analisado o *layout* atual das duas máquinas em estudo, foi possível notar que devido à máquina Neo ser uma máquina lenta, e o operador destinado a essa máquina apenas trabalhar nela nesse tempo, leva a que o colaborador espere bastante tempo (18 segundos).

#### 4.2.3 Supermercados de estante não ergonômicos

Em conversa com os colaboradores da linha em estudo, foi diagnosticado um problema quanto aos supermercados de estante, nomeadamente a existência de caixas de componentes com cerca de 12 kg nas prateleiras mais baixas dificultando a tarefa de retirada de componentes para as pessoas mais altas, acontecendo o mesmo para as pessoas mais baixas relativamente às prateleiras mais altas.

Todas as estantes de entrada encontravam-se organizadas por componentes, ou seja, eram alocados conforme os componentes que são usados no mesmo subconjunto e, por isso, utilizados na linha ao mesmo tempo. Esta divisão tinha como função facilitar a identificação rápida de componentes, no entanto, não tinha em vista qualquer ação a pensar na saúde do colaborador.

À semelhança das estantes mencionadas anteriormente, a estante de produto final também não tinha em vista a saúde do colaborador na organização da mesma. Nesta apenas eram colocadas as etiquetas de identificação de espaço, de modo a que o colaborador colocasse a caixa no lugar destinado à referência e assim o comboio logístico ao parar conseguisse rapidamente identificar o produto que procurava. Na Tabela 7 encontram-se as medidas das prateleiras mais críticas: a superior e a inferior.

*Tabela 7 - Altura das prateleiras críticas das estantes*

	Estante de saída	Estante de entrada	
		Maior (1)	Mais baixa (2)
<b>Prateleira Superior</b>	143 cm	144 cm	135 cm
<b>Prateleira Inferior</b>	49 cm	24 cm	39 cm

Posteriormente, através de uma análise à retirada de componentes da estante mais alta, foi notável a dificuldade que os colaboradores de altura inferior sentiam ao retirar os componentes da prateleira superior, assim como os colaboradores de altura superior sentiam ao retirar os componentes da prateleira inferior, uma vez que a pessoa mais baixa que trabalhava na linha tinha cerca de 1,55 metros e a mais alta 1,96 metros. A estante em questão encontra-se na Figura 36.





Figura 36 -Estante de entrada de maiores dimensões

Posto isto, decidiu-se fazer uma análise ergonómica através do método EWA. Considerando o pior caso, a distância da pega corresponde a 40 centímetros, e o peso corresponde a 12 kg. Posteriormente, procedeu-se então à análise, recorrendo-se à Figura 2 da secção 2.3.2, em que tanto o analista como o trabalhador avaliaram com um nível de risco 3 (Figura 37).

1		A carga pode ser facilmente levantada com ajuda mecânica.								
		levantamento em posição normal				levantamento em posição baixa				
		distância de pega, cm				distância de pega, cm				
		< 30	30 - 50	50 - 70	> 70	< 30	30 - 50	50 - 70	> 70	
		carga, kg				carga, kg				
2		< 18	< 10	< 8	< 6	2	< 13	< 8	< 5	< 4
3		18 - 34	10 - 19	8 - 13	6 - 11	3	13 - 23	8 - 13	5 - 9	4 - 7
4		35 - 55	20 - 30	14 - 21	12 - 18	4	24 - 35	14 - 21	10 - 15	8 - 13
5		> 55	> 30	> 21	> 18	5	> 35	> 21	> 15	> 13
classificação pelo analista		<input type="text"/>				avaliação pelo trabalhador		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		

Figura 37 - Análise EWA à manipulação das cargas no supermercado de estantes

Assim, depois desta análise verificou-se que era necessário tomar medidas de forma a reduzir este risco, visto que o investigador se deparou com uma situação que corresponde ao terceiro nível mais grave da escala deste método.

#### 4.2.4 Paragens devido à falta de componentes

Através da observação cuidada da linha e de várias conversas com o *Product Leader* e com os líderes de equipa chegou-se à conclusão que a maior ineficiência da linha eram as paragens por falta de componentes. Estas faltas de material eram bastante frequentes, acontecendo à volta de duas vezes a cada cinco dias, causando paragens e, por consequência, atrasos nas entregas dos produtos finais, que poderiam ir até um dia de atraso. Além disso, devido a estas paragens, os líderes de equipa colocavam os colaboradores, que eram obrigados a parar, a produzir outras referências nas quais os seus componentes se encontravam no supermercado da linha. No entanto, muitas das vezes estas referências já existiam em quantidade suficiente, mas do ponto de vista dos líderes de equipa era preferível criar excesso de *stock* de outras referências, do que ter mão-de-obra (MOD) parada.

De forma a avaliar os custos acarretados com a MOD parada, realizou-se um estudo que consistiu na recolha de alguns fatores de cada situação de paragem, nomeadamente o tempo de paragem, o número de colaboradores afetados, e o preço por hora de MOD. Depois desta recolha, procedeu-se à multiplicação dos fatores supramencionados para cada circunstância, e posteriormente somou-se os valores obtidos em cada. De forma, a ter uma perceção global do efeito destas paragens, dividiu-se por meses, tendo-se recolhido dados dos meses de outubro, novembro e janeiro, no entanto não se considerou o mês de dezembro devido à existência de férias. Os valores obtidos encontram-se na Figura 38.

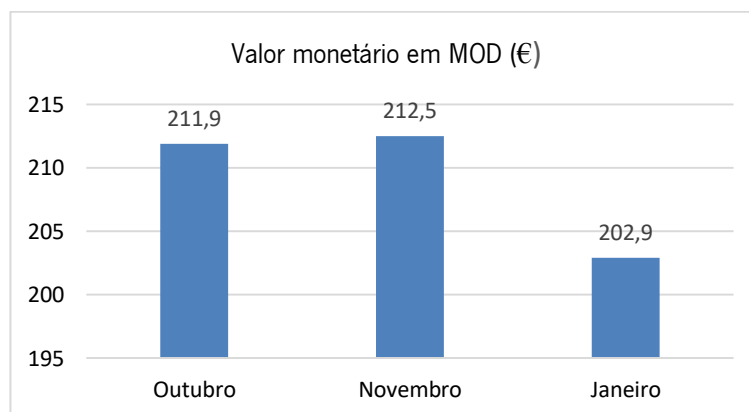


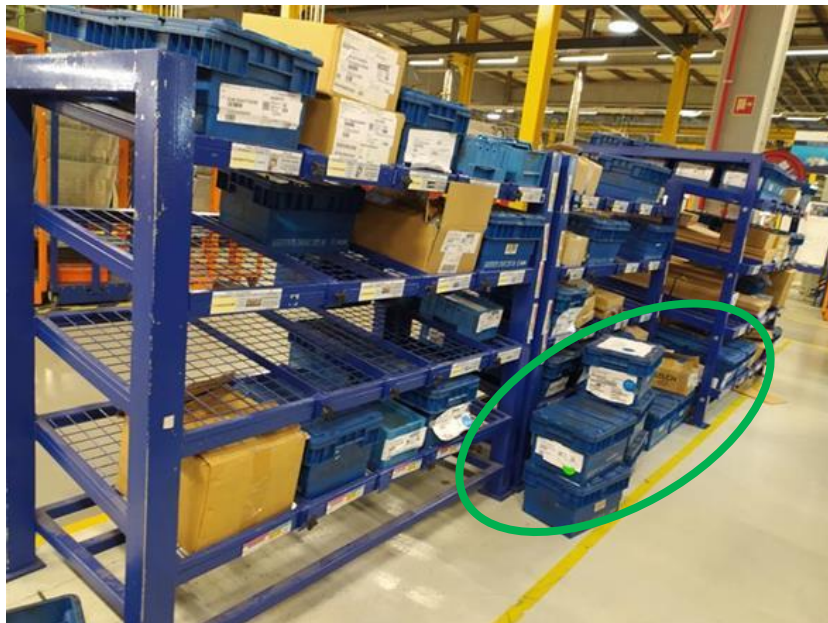
Figura 38 - Valor monetário despendido nas paragens por falta de material

Depois da análise, o investigador reuniu as principais causas que levam a que este problema aconteça regularmente, de forma a poder reduzir esta regularidade. Assim, verificou-se que as paragens por falta de material aconteciam devido a dois fatores: falta de organização dos supermercados de entrada; falta de conhecimento por parte dos colaboradores do armazém que fazem a distribuição dos componentes.

Relativamente a estes fatores, era evidente a falta de identificação de componentes na estante, levando assim a uma falta de organização dos supermercados de entrada, desta forma, existiam referências que podiam ser colocadas em dois ou mais sítios, uma vez que como não tinham identificação o colaborador do armazém colocava onde ele próprio entendia. Além disto, os componentes que eram consumidos todos os dias estavam junto dos componentes que eram consumidos uma vez por mês, desta forma, não existia qualquer tipo de distinção entre componentes de elevado consumo e componentes de baixo consumo, tornando-se impossível para o operador do comboio logístico, que faz a distribuição do material, saber quais os produtos que não poderiam faltar na estante e aqueles que não eram urgentes reabastecer.

#### 4.2.5 Excesso de stock de componentes de baixo consumo

Após várias idas à linha, o investigador deparou-se por diversas vezes com um depósito de caixas de componentes junto às estantes de entrada. Assim, decidiu questionar os chefes de equipa de que tipo de material se tratava, em que foi reportado que esse material consistia em componentes de baixo consumo. Esta situação pode ser visualizada na Figura 39.



*Figura 39 - Supermercado de componentes*

Foi reportado que isto acontece devido também aos fatores que já foram explicados na seção anterior: desorganização nos supermercados de componentes, e falta de conhecimento por parte do operador logístico que fazia a distribuição dos mesmos. Além disso, também foi explicada uma situação que era comum acontecer, no entanto o investigador apenas poderá alertar o chefe do armazém para advertir

os seus colaboradores de que não o deverão fazer, uma vez que este projeto não abrange a área de armazém.

A situação consiste no operador logístico ir ao supermercado ver exatamente os componentes em falta, por exemplo, duas caixas, seguia para o armazém, ao recolher o produto da estante do armazém via que existiam três caixas na palete, e decidia trazer as três para a área de produção.

No entanto, na estante apenas existiam dois espaços, e então colocava a terceira caixa no chão junto à estante, como é ilustrado na imagem acima, criando assim uma situação de perigo para o material que podia tornar-se obsoleto, e uma situação de perigo para o próprio colaborador que circulava naquele espaço, que através de um possível toque que acontecesse, que poderia vir a causar lesão.

De forma a quantificar este valor, decidiu-se analisar os componentes que se encontravam em excesso. Uma vez por semana durante todas as semanas dos meses de dezembro e janeiro à exceção da semana do Natal, recolheu-se o valor unitário por caixa e multiplicou-se pelo número de caixas em excesso, tendo-se chegado aos valores presentes no gráfico da Figura 40.

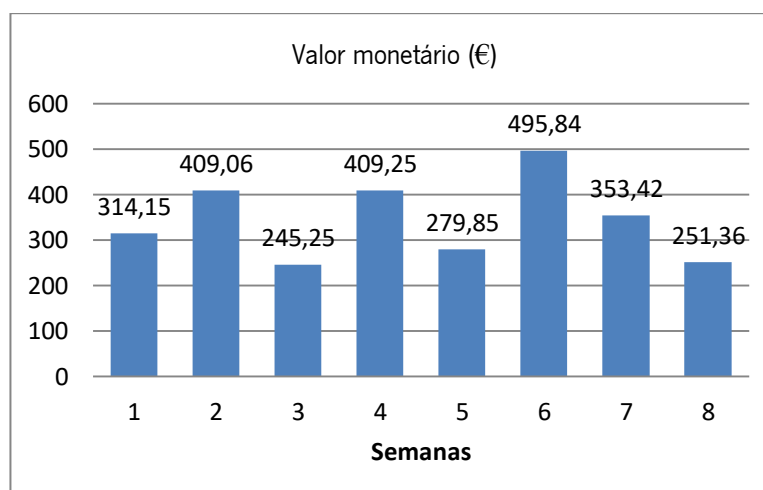


Figura 40 - Valor monetário investido em componentes em excesso

#### 4.2.6 Excesso de *stock* do produto final

Os supermercados de produto final dividiam-se em supermercados de estante e de chão, tal como referido na secção 4.1.5. Em relação ao supermercado de estante, cada espaço apenas tinha capacidade de duas caixas cinza, quatro laranja e oito amarelas. Através de várias análises à linha, notou-se constantemente o excesso de *stock* junto a este supermercado, uma vez que era bastante comum a existência de caixas em cima de *rollers* junto ao mesmo, como é visível na Figura 41.



Figura 41 - Supermercado de saída (estante)

Relativamente ao supermercado de chão o excesso de caixas acontecia no próprio supermercado. Como foi mencionado na secção 4.1.5, apenas eram permitidas 12 caixas cinza, no entanto, todos os dias existiam não conformidades em relação a este supermercado. Na Figura 42 é possível observar uma dessas não conformidades, visto que são visíveis 14 caixas cinza num espaço, quando a norma interna da empresa apenas permite 12, o que significa que existiam duas caixas em excesso.



Figura 42 - Supermercado de saída (chão) com excesso de caixas (14 caixas)

Depois de identificado o problema, procedeu-se ao estudo das suas causas. Assim, através de reuniões com o *Product Leader* e com os líderes de equipa, chegou-se às seguintes:

- Faltas de material de outros componentes: uma consequência das paragens por falta de material é o excesso de *stock* de outros produtos, isto acontece para que os colaboradores não parem durante o seu turno de trabalho, levando assim ao excesso de stock de outros produtos, como foi explicado na secção 4.2.4.
- Desatualização das quantidades máximas e mínimas: a procura mudou e os espaços destinados a cada referência não eram suficientes para satisfazer a procura do cliente, daí a necessidade de colocar caixas junto ao supermercado de estante e sobrecarregar o supermercado de chão;
- Falta de formação dos colaboradores: O processo que cada colaborador devia realizar passa por antes de produzir qualquer produto, ir ao supermercado ver as etiquetas que se encontram no mesmo, em que mostram quais as quantidades máximas e mínimas de cada produto, e após essa observação ver a quantidade necessária que precisam de produzir. No entanto, uma dificuldade que sentem, relatada pelos próprios, é o facto de não saberem qual a quantidade que devem produzir, uma vez que devido à rotatividade entre postos são obrigados a irem rodando entre as linhas do seu *Product Leader*, desta forma os colaboradores quando voltam a trabalhar na linha em estudo já não se recordam da quantidade de produto final que contem cada caixa. Isto acontece também devido às etiquetas existentes nos supermercados de saída, uma vez que apenas tem a quantidade em número de peças e não o valor em caixas. Desta forma, ao irem ao supermercado e ver que já existem três caixas, não sabem qual a quantidade correspondente a essas três caixas. Na Figura 43 encontra-se um exemplar das etiquetas que eram usadas.

7C06-2 Linha Montagem			
Ref:	Descrição produto:	Foto:	QTD MIN
E149004	Subconjunto Patilha + Casquilho		360
			QTD MÁX
			480

Figura 43 - Exemplo de etiqueta dos supermercados de saída

À semelhança do problema reportado na seção anterior, para este problema também se recolheu uma vez por semana durante todas as semanas dos meses de dezembro e janeiro à exceção da semana do Natal, a quantidade de produtos presentes na linha em excesso. Decidiu-se recolher o valor unitário por caixa, onde posteriormente se multiplicou pelo número de caixas em excesso existente na linha, tendo-se chegado aos valores presentes no gráfico da Figura 44.

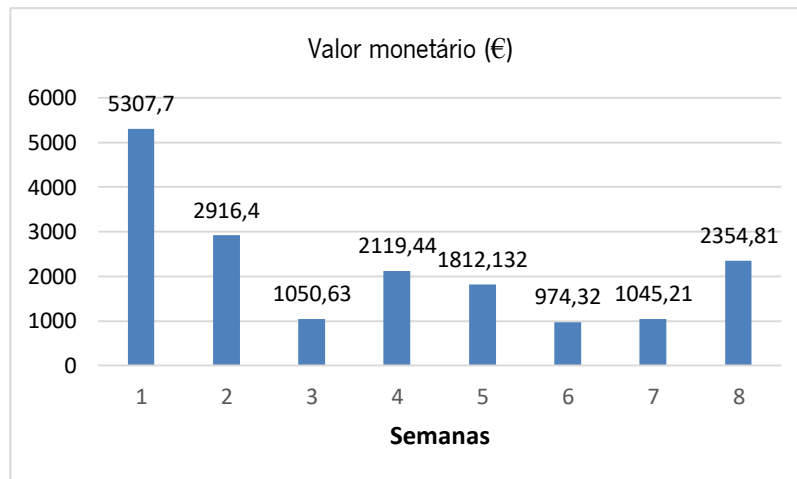


Figura 44 - Valor monetário investido em produtos em excesso

#### 4.2.7 Elevado tempo de *setup* na máquina de soldadura CMT

Depois de terem sido analisados todos os problemas que envolviam o produto em estudo e os problemas gerais da linha, decidiu-se estudar o processo de troca de referência da máquina de soldadura CMT. Esta máquina é uma máquina bastante crítica nesse aspeto, devido à sua complexidade, isto é, existirem diversas ferramentas que tem de ser trocadas a cada troca de referência, levando a que este valor seja elevado.

Para fazer o estudo deste processo, começou-se por realizar cinco observações, posto isto, efetuou-se o estudo para analisar se o número de observações era suficiente, sendo que o investigador concluiu que sim (apêndice 5). Posteriormente a esta análise, foi realizado um estudo que envolveu a observação cuidada de todas as etapas de cada troca de referência e a análise quanto à existência de desperdícios, assim como o respetivo tempo e distância.

Para esta análise considerou-se a operação com o tempo mais próximo do tempo médio uma vez que se observou diversos operadores, desde o mais experiente até ao sem experiência. Desta forma foi possível observar diferentes pontos da troca de referência, podendo assim atuar de modo a abranger todos os possíveis colaboradores, visto que há bastante rotatividade entre postos. Este estudo encontra-se no apêndice 5.

Seguidamente, passou-se então à análise da tabela realizada, nomeadamente, à identificação dos problemas e respetivas causas, que levavam ao elevado tempo em cada troca de referência:

1. Tempo despendido na busca da chave dos parafusos, uma vez que se encontra longe da máquina;

2. Tempo despendido na identificação da chave de parafusos a usar, visto que existem várias e não possuem qualquer tipo de identificação;
3. Embora existam carrinhos para transporte de ferramentas, muitos colaboradores teimam em não usar estes sempre que possível, como é o caso em estudo, o colaborador apenas usou o carrinho para transporte das ferramentas que se encontravam na máquina, já o transporte de novas ferramentas acontece individualmente (uma de cada vez);
4. Colocação incorreta da ficha *harting*, o que leva a retrabalho, isto acontece devido à falta de identificação da ficha e interligação com a respetiva maquete;
5. Tempo despendido na troca das gamas, isto porque as gamas de operação, controlo e embalagem de todas as referências encontram-se numa capa de argolas, sendo então necessário procurar uma a uma e colocar nos painéis a elas destinados. Estes painéis encontram-se na Figura 45.



Figura 45 - Painéis de exposição de gamas

No gráfico da Figura 46 encontra-se a síntese dos problemas encontrados aquando da observação da troca de referência.

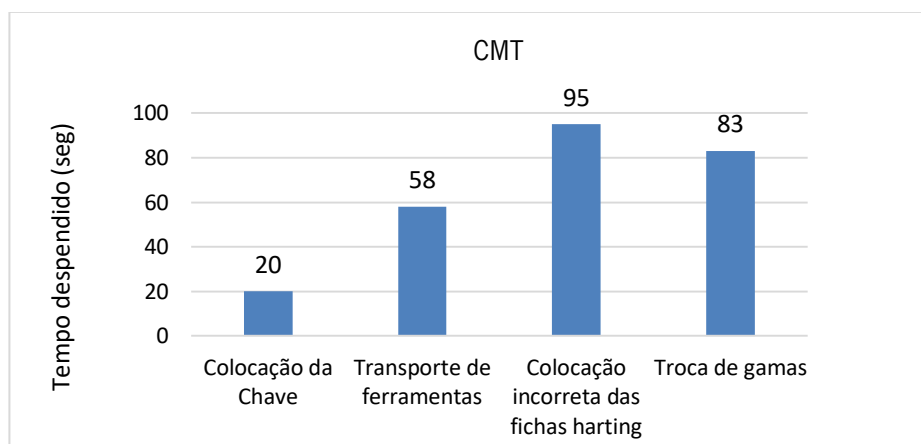


Figura 46 - Síntese dos desperdícios encontrados na troca de referência e tempo despendido nestes (em segundos)



#### 4.2.8 Síntese dos principais problemas identificados

Na Tabela 8 é apresentada uma síntese dos problemas referidos nas secções anteriores. Juntamente com os problemas são identificados o desperdício referente a cada um, assim como as respetivas consequências.

*Tabela 8 - Síntese dos principais problemas*

<b>Problema</b>	<b>Principais desperdícios</b>	<b>Consequências</b>
<b>Lead Time e WIP elevados</b>	Inventário	- Custos associados
<b>Elevado tempo de transportes nas trocas de referência</b>	Transporte	- Elevados tempos de <i>setup</i> das máquinas
<b>Elevado tempo de espera</b>	Esperas	- Elevado tempo de ciclo; - Atraso na produção;
<b>Supermercado não ergonómico</b>	Muri	- Acidentes de trabalho - Riscos ergonómicos
<b>Paragens devido à falta de material</b>	Inventário Sobreprodução	- Produção de outro produto, criando stock;
<b>Excesso de stock de componentes de baixo consumo</b>	Inventário Mura	- Risco de queda; - Material obsoleto; - Valor monetário investido - Risco de acidentes
<b>Excesso de <i>stock</i> do produto final</b>	Inventário	- Material obsoleto. - Valor monetário investido - Riscos ergonómicos
<b>Elevado tempo de <i>setup</i> na máquina de soldadura CMT</b>	Transportes	- Paragem na produção por longo tempo. - Retrabalho

## 5. APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo são apresentadas as propostas de melhoria para os problemas identificados no capítulo anterior, de forma a reduzi-los/eliminá-los, com o objetivo de reduzir custos e aumentar a produtividade. Na Tabela 9 são apresentadas as propostas de melhoria através de plano de ações para cada problema mencionado na seção anterior, recorrendo-se à ferramenta 5W2H (What, Why, When, Who, How, How much).

Tabela 9 - Plano de ações usando a técnica 5W2H

<i><b>What?</b></i>	<i><b>Why?</b></i>	<i><b>When?</b></i>	<i><b>Who?</b></i>	<i><b>How?</b></i>	<i><b>How Much?</b></i>
<b>Aplicação de SMED Aplicação de 5S</b>	Elevados tempos de transporte nas trocas de referência	Fevereiro	Ana Fiúza Líder de equipa Técnico de Manutenção	Aplicação das 3 fases do SMED Aplicação dos 5 sensores Reuniões com chefes de equipa	225€
	Elevado tempo de <i>setup</i> na CMT				25,45€
<b>Reestruturação de layout</b>	Elevados tempos de espera	Março	Técnico de manutenção	Mudança da disposição das máquinas em estudo	0€
<b>Criação de estantes distintas para componentes baixo e elevado consumo</b>	Paragens devido à falta de material	Fevereiro	Ana Fiúza	Estudo do consumo dos produtos finais da linha Análise ABC por quantidade de artigos Estudo da capacidade da linha	0€
	Excesso de stock de componentes de baixo consumo				
<b>Criação de condições ergonómicas no supermercado</b>	Elevado nº de queixas em questões ergonómicas	Janeiro e Fevereiro	Ana Fiúza	Pesagem dos componentes e produtos Aplicação da Equação de NIOSH Distribuição dos pesos pelas prateleiras	45€
<b>Redimensionamento da quantidade máxima e mínima</b>	Excesso de Stock de produto final	Janeiro	Ana Fiúza	Analisar a procura de cada subconjunto Analisar a capacidade da linha Analisar a quantidade de artigos por caixa	405€
	Lead Time e WIP elevados				

### 5.1 Aplicação de SMED e 5S

Esta secção apresenta a aplicação de SMED e 5S para reduzir o tempo de troca de referência nas máquinas Neo e 3 Cabeçais, assim como transporte e procura de ferramentas. É ainda apresentada também a aplicação destas técnicas para a máquina de soldadura CMT.

#### 5.1.1 Máquinas 3 Cabeçais e Neo

Aquando das observações das trocas de referência para o preenchimento do VSM foi visível o tempo despendido em transporte e na procura de ferramentas, assim decidiu-se aplicar a técnica SMED, de modo a reduzir essas trocas em ambas as máquinas.

### 5.1.1.1 Fase 0: Análise Preliminar

Nesta primeira fase, observou-se as etapas base de cada troca de referência de cada máquina, assim como se procedeu à filmagem da mesma, de forma a posteriormente ser analisada. O *setup* de ambas as máquinas pode ser dividido em quatro etapas: 1) Retirada de ferramentas; 2) Transporte; 3) Procura; 4) Colocação, sendo apenas realizadas por uma pessoa. As atividades de cada troca de referência em estudo encontram-se na Tabela 10 para a máquina 3 Cabeçais.

Tabela 10 - Atividades da troca de referência da máquina 3 Cabeçais

Atividade	Etapa
Arrumar um componente	2
Arrumar 2º componente	
Colocar máquina em modo manual	1
Desapertar parafuso superior	
Desapertar parafuso inferior	
Retirar os parafusos dos cabeçais	
Tira 1º cabeçal	
Tira 3º cabeçal	
Leva cabeçais para a estante	3
Coloca no sitio e procura novos	2
Volta ao posto	3
Pousa o material 1 de cada vez	1
Retirar mordaza inferior	
Retirar mordaza superior	
Leva mordazas para a estante	3
Coloca no sitio e procura novas	2
Volta ao posto	3
Pousa o material 1 de cada vez	4
Coloca mordaza superior	
Coloca mordaza inferior	
Aperta parafuso inferior	
Aperta parafuso superior	
Coloca 1º cabeçal	
Coloca 3º cabeçal	
Coloca parafusos nos cabeçais	
Coloca caixa de produto final no supermercado	3
Retirar útil de controlo	1
Levar à estante	2
Pegar no útil novo	3
Levar à bancada	2
Colocar na bancada	4
Buscar componente 1	2
Buscar componente 2	2
Troca de gamas	4
Selecionar referência no painel de controlo	4

Na Tabela 11 encontram-se as atividades para a máquina Neo.

Tabela 11 - Atividades da troca de referência da máquina Neo

Atividade	Etapa
Arrumar um componente	2
Arrumar 2° componente	
Arrumar produto final	
Buscar a chave	¼
Coloca painel de controlo em manual	1
Desapertar parafuso superior	1
Desapertar parafuso inferior	
Retirar parafuso do cabeçal 3	
Retirar cabeçal 3	
Retirar mordaza superior	
Retirar parafusos do cabeçal 1	
Retirar cabeçal 1	2
Leva a mordaza superior e 1 cabeçal	
Coloca no sitio e procura novo cabeçal e mordaza	3
Traz novos cabeçais	2
Pousa à beira da máquina	4
Retira Mordaza inferior	1
Leva mordaza inferior e cabeçal	2
Coloca no sitio e procura novo cabeçal e mordaza	3
Traz nova mordaza inferior	2
Pousa à beira da máquina	4
Vai buscar nova mordaza superior	2
Procura mordaza superior	3
Volta ao posto	2
Coloca mordaza superior	4
Coloca mordaza inferior	
Aperta parafuso superior	
Aperta parafuso inferior	
Coloca 1° cabeçal e respetivo parafuso	
Coloca 2° cabeçal e respetivo parafuso	
Retira ferramenta de controlo e leva	½
Traz nova ferramenta de controlo e coloca	¾
Buscar um componente	2
Buscar 2° componente	
Troca de gamas	4
Selecionar no painel de referência	4

Posto isto, passou-se para a primeira fase da ferramenta SMED, explicada na secção seguinte.

#### ***5.1.1.2 Fase 1: Identificação de atividades internas e externas***

Como é possível observar pelas Tabela 37 e Tabela 38 que se encontram no apêndice 3, ambas as máquinas se encontravam paradas na realização das trocas de referência, o que se pode concluir que todas as atividades devem ser classificadas como atividades internas. Posto isto, avançou-se para a fase número 2.

#### ***5.1.1.3 Fase 2: Conversão de atividades internas em externas***

Ao analisar todas as atividades foi possível constatar que existe a possibilidade de converter operações internas em externas, uma vez que existem esperas durante a produção do último artigo antes da troca

de referência, assim como há durante a produção do primeiro artigo depois da troca. Desta forma, realizou-se uma tabela de conversão que indica quais as atividades internas que podem ser convertidas em externas. O quadro relativo à máquina 3 Cabeçais encontra-se na Tabela 42 do apêndice 6, já para a máquina Neo este encontra-se na Tabela 43 do mesmo apêndice.

#### ***5.1.1.4 Fase 3: Racionalização de operações***

Depois de analisadas as atividades internas e feito o estudo quanto à possibilidade de converter algumas destas em atividades externas, decidiu-se estudar as causas identificadas na secção 4.2.2, sendo que são estas que contribuem para um tempo de troca de referência mais elevado. Assim em conversa com o *Product Leader* achou-se que a proposta ideal para reduzir os tempos de transporte, seria a utilização de um carrinho que tivesse capacidade para transportar as ferramentas necessárias de uma só vez. Desta forma, em conversa com os chefes de equipa surgiu a hipótese de no lugar de investir num carrinho novo, reaproveitar uma estante, cortando-a a meio. No entanto, antes disso analisou-se a estante com base nas dimensões antropométricas da população portuguesa (anexo 1), se este tinha as dimensões ergonómicas adequadas. Foram tidas em conta as seguintes considerações:

- A altura da prateleira superior não deve ultrapassar a altura dos cotovelos sendo que se teve em conta neste cálculo as colaboradoras do sexo feminino porque são as pessoas de menor altura.
- A altura da prateleira inferior não deve ser inferior à altura do joelho, aqui teve-se em conta os colaboradores do sexo masculino, uma vez que são os de maior altura.

Posto isto, procedeu-se ao cálculo das alturas:

Altura máxima:  $P_{5, \text{feminino}} = 889 + 25 = \text{mm} = 0,914 \text{ metros}$

Altura mínima:  $P_{95, \text{masculino}} = 591 + 25 = \text{mm} = 0,616 \text{ metros}$

Uma vez que apenas serão utilizadas no máximo as duas prateleiras superiores e estas tem cerca de 90 centímetros (a mais alta) e 60 centímetros (a intermédia), optou-se então por reutilizar a estante, tendo-se obtido o carrinho Figura 47.



*Figura 47 - Carrinho para transporte de ferramentas*

Depois de concluída a análise ao transporte de ferramentas, decidiu-se analisar a forma de reduzir os tempos de procura das ferramentas, desta forma decidiu-se aplicar a ferramenta 5S. Em primeiro lugar, aplicou-se o primeiro senso (*Sort*), que consistiu em remover todos os itens que não eram utilizados, tendo-se, assim, reunido o material presente na Figura 48. Posteriormente o chefe de equipa irá decidir o que irá fazer com o mesmo.



*Figura 48 - Aplicação do senso Sort*

Posto isto, aplicou-se o segundo senso (*Set in order*). Inicialmente observou-se que na estante existente não era possível uma alocação organizada. Desta forma, decidiu-se implementar três novas estantes, em que se organizou as ferramentas por cliente e se criou etiquetas de identificação dos mesmos, de forma a estes permanecerem sempre no devido local (Figura 49). Para as ferramentas de controlo, também se organizou de maneira a que estas tenham o devido lugar, criando também etiquetas de identificação das mesmas, seguindo o *template* abaixo.

7Y08 - Linha Capacitários		
Descrição Operação	Foto	Referência
<b>Soldadura Flange + Reforço</b>		<b>E173003</b>
		Cliente

Figura 49 - Template da etiqueta de identificação de ferramentas

Posteriormente, aplicou-se o terceiro senso (*Seiso*). Ao visualizar a rotação das ferramentas redondas nas prateleiras das estantes, o investigador viu que era necessário desenhar as ferramentas e recortar a base da estante com as formas destas (Figura 50), assim, é possível manter todas as ferramentas no devido lugar.



Figura 50 - Aplicação do terceiro senso *Seiso*

Todos os colaboradores no final de cada troca de referência devem colocar as ferramentas nos locais identificados e nos locais designados para a respetiva ferramenta, aplicando assim o quarto senso (*Standardize*).

Relativamente ao quinto senso (*Shitsuke*), deu-se formação aos dois turnos, através de uma conversa com todos os colaboradores, de modo a que estes mantenham a disposição das ferramentas, conseguindo assim manter a organização. Desta forma, será possível uma maior organização e assim, não a levar em erro o próximo colaborador aquando da seguinte troca de referência.

Além da implementação do carrinho e da aplicação da técnica 5S, propôs-se a utilização de uma capa de forma a eliminar a tarefa de troca de gamas. Com a utilização desta capa, as gamas estariam sempre disponíveis na bancada para o colaborador consultar, não sendo necessário realizar a troca a cada troca de referência.

Por fim, de forma a colmatar todas as alterações decidiu-se realizar folhas de trabalho normalizado de forma a *standardizar* o processo de troca de ferramenta de ambas as máquinas. Estas folhas encontram-se no apêndice 7 nas Figura 70 e Figura 71.

### 5.1.2 Máquina de Soldadura CMT

Nesta secção é apresentada a aplicação da técnica SMED para a máquina de soldadura CMT. Esta máquina é conhecida pelo elevado tempo de troca de referência, nomeadamente 25 minutos e 30 segundos.

#### 5.1.2.1 Fase 0: Análise preliminar

Nesta primeira fase, observou-se as etapas base de cada troca de referência, assim como se procedeu à filmagem da mesma, de forma a posteriormente ser analisada. O *setup* da máquina pode ser dividido em quatro etapas: 1) Retirada de ferramentas; 2) Transporte; 3) Procura; 4) Colocação, estas atividades são apenas realizadas por uma pessoa. As atividades da troca de referência encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12 - Atividades da troca de referência da máquina CMT

Atividade	Etapas
Arrumar o produto final	2
Buscar chaves para desapertar	
Ver qual a chave correta	3
Desapertar parafusos do posto 3	1
Desapertar parafusos do posto 2	
Desapertar parafusos do posto 1	
Desconetar ficha <i>Harting</i> 1	
Desconetar ficha <i>Harting</i> 2	
Desconetar ficha <i>Harting</i> 3	
Buscar o carrinho	2
Retirar ferramenta do posto 3	1
Levar ao carrinho	2
Deixa no carrinho	
Volta ao posto	
Retirar ferramenta do posto 2	1
Levar ao carrinho	2
Deixa no carrinho	
Volta ao posto	
Retirar ferramenta do posto 1	1
Levar ao carrinho	2
Deixa no carrinho	
Levar o carrinho	
Buscar ferramenta do posto 1	
Procura ferramenta	3
Volta ao posto	2
Coloca ferramenta no posto 1	4
Apertar os parafusos da ferramenta	
Buscar ferramenta do posto 2	2
Procura a ferramenta	3
Volta ao posto	2
Coloca ferramenta no posto 2	4
Aperta os parafusos da ferramenta	
Ajusta o aperto dos parafusos das ferramentas	
Trocar fichas <i>Harting</i> atrás das maquetes	



Conetar ficha <i>Harting</i> do posto 1	
Coneta a ficha <i>Harting</i> do posto 2	
Painel de controlo	
Tenta rodar a máquina	
Troca ficha <i>Harting</i>	
Painel de controlo	
Máquina gira	
Desapertar parafusos do posto 1	
Desapertar parafusos do posto 2	
Desapertar parafusos do posto 3	
Desconetar ficha <i>Harting</i> do posto 3	1
Desconetar ficha <i>Harting</i> do posto 2	
Desconetar ficha <i>Harting</i> do posto 1	
Buscar o carrinho	2
Retirar ferramenta do posto 3	1
Levar ao carrinho	2
Deixa no carrinho	1
Volta ao posto	2
Retirar ferramenta do posto 2	1
Levar ao carrinho	2
Deixa no carrinho	1
Volta ao posto	2
Retirar ferramenta do posto 1	1
Levar ao carrinho	2
Deixa no carrinho	1
Levar o carrinho	2
Buscar ferramenta do posto 1	
Procura ferramenta	3
Volta ao posto	2
Coloca ferramenta do posto 1	
Aperta os parafusos da ferramenta do posto	4
Apertar com a chave	
Buscar ferramenta do posto 2	2
Procura ferramenta	3
Volta ao posto	2
Colocar ferramenta do posto 2	
Aperta os parafusos da ferramenta do posto	
Ajustar o aperto dos parafusos com a chave	
Trocar fichas <i>Harting</i> atrás das maquetes	4
Conetar ficha <i>Harting</i> do posto 2	
Conetar ficha <i>Harting</i> do posto 1	
Painel de controlo	
Máquina gira	
Arrumar caixas dos 4 componentes	2
Trocar gamas	4
Troca da ferramenta de controlo	
Buscar componentes	2

Posto isto, passou-se para a fase número 1 desta metodologia, descrita na secção seguinte.

#### ***5.1.2.2 Fase 1: Identificação de atividades internas e externas***

Como é possível observar pela Tabela 41 do apêndice 5, a máquina de soldadura CMT encontra-se parada na realização das trocas de referência, à exceção de quando a mesma gira, para se proceder à

troca do segundo lado das ferramentas. Desta forma, pode-se concluir que todas as atividades devem ser classificadas como atividades internas à exceção de quando a máquina gira. Posto isto, avançou-se para a fase número 2.

#### ***5.1.2.3 Fase 2: Conversão de atividades internas em externas***

Ao analisar todas as atividades foi possível constatar que existe a possibilidade de converter operações internas em externas, visto que existem esperas durante a produção do primeiro artigo bom depois da troca de referência, no entanto o mesmo não acontece aquando a produção do último artigo bom antes da troca, isto porque nesse momento é necessário fazer o controlo geométrico nas últimas seis peças, e dessa forma o colaborador não espera pela máquina. Posteriormente, realizou-se uma tabela de conversão que indica quais as atividades internas que podem ser convertidas em externas, este encontra-se na Tabela 44 do apêndice 8.

#### ***5.1.2.4 Fase 3: Racionalização de operações***

Depois de analisadas as atividades internas e estudar quanto à possibilidade de converter algumas destas em atividades externas, decidiu-se estudar as causas identificadas na secção 4.2.7, sendo que são estas que contribuem para um tempo de troca de referência mais elevado. Começando pela causa que diz respeito à chave de parafusos, decidiu-se que esta deveria ter um lugar próprio junto à máquina de modo a eliminar o tempo de movimentação realizado para ir buscar a chave, assim como a distância percorrida. Decidiu-se também que apenas deveria existir uma chave, visto que esta é comum a todas as referências, desta forma qualquer colaborador iria identificar rapidamente a chave correta a usar no desaparafusamento dos parafusos.

Como foi possível observar pela Tabela 41 do apêndice 5, o colaborador usava um carrinho na retirada de ferramentas, no entanto quando ia buscar as ferramentas novas ele transportava-as uma a uma, não utilizando qualquer carrinho, havendo assim um tempo de 144 segundos que poderiam ser reduzidos, assim como a respetiva movimentação. Desta forma, a proposta passa pela utilização de um carrinho tanto na retirada como na colocação de ferramentas.

Outra causa que pode ser eliminada será o problema no erro na colocação de fichas *harting*, como foi mencionado na secção 4.2.7, este erro acontecia devido à falta de identificação das fichas assim como das maquetes, desta forma, o investigador junto com o chefe de equipa da manhã decidiu cravar umas placas em metal identificativas que serão colocadas tanto nas fichas *harting* como nas maquetes, de modo a que o colaborador consiga rapidamente identificar qual a ficha que deve colocar na maquete.

Como forma de eliminar o tempo despendido na troca das gamas, decidiu-se substituir a capa de argolas por outra capa que permitisse a sua alocação junto da bancada, desta forma é possível eliminar a tarefa da troca das gamas, visto que já se encontram na bancada e visíveis para o colaborador.

De forma a reduzir o tempo de busca de chave e na identificação da mesma, decidiu-se alocar esta junto à máquina como foi mencionado acima. Quando o investigador pensou nesta alocação deparou-se com bastante material no interior da máquina como mostra a Figura 51 a), e ainda material dentro do armário junto à máquina, como mostra a Figura 51 b). Relativamente ao primeiro caso, este corresponde a uma situação de risco, devido à possibilidade de queda do material e este se tornar obsoleto, assim como a possibilidade de magoar o colaborador, caso este se encontre dentro da máquina.

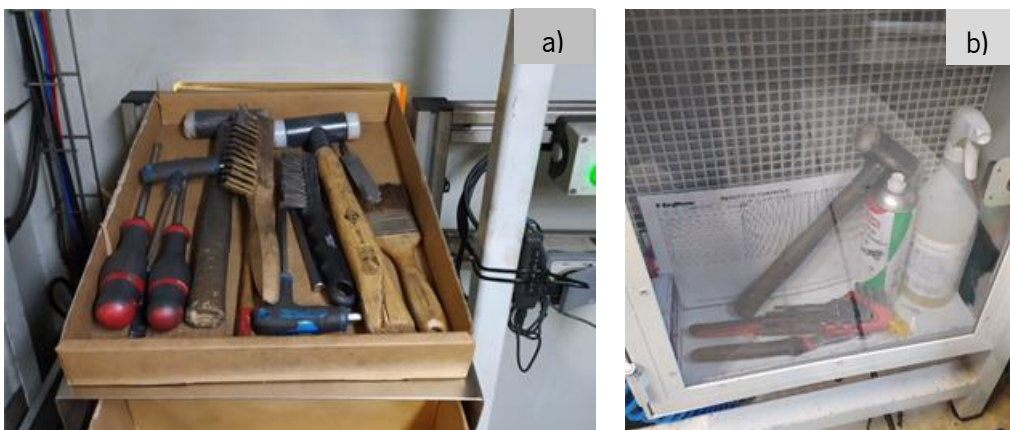


Figura 51 – a) Depósito de ferramentas dentro da máquina; b) armário de arrumação da máquina

Posto isto, decidiu-se aplicar a ferramenta 5S de modo a organizar as ferramentas e eliminar a situação de risco reportada acima. Em primeiro lugar, aplicou-se o primeiro senso (*Sort*), que consistiu em remover todos os itens que não são utilizados pelo colaborador. Tendo-se reunido o material presente na Figura 52. Posteriormente o chefe de equipa irá decidir o que irá fazer com o mesmo.



Figura 52 - Aplicação do senso Sort

Posto isto, aplicou-se o segundo senso (*Set in order*), em que se decidiu que todas as ferramentas devem-se encontrar dentro do armário eliminando assim a situação de risco mencionada acima. Decidiu-se também que o material se devia encontrar devidamente identificado de forma a tornar a identificação, por parte do colaborador, mais rápida tanto na retirada como na colocação das ferramentas.

De forma a aplicar o terceiro senso (*Seiso*), o colaborador deve limpar as ferramentas sempre que as use, de modo a mantê-las limpas.

Todos os colaboradores no final de cada troca de referência devem colocar as ferramentas nos locais identificados e nos locais designados para a respetiva ferramenta, aplicando assim o quarto senso (*Standardize*).

O quinto senso (*Shitsuke*), passaria por dar formação, através de uma conversa, aos três turnos de modo a que os colaboradores conservassem a disposição das ferramentas, mantendo a organização, de forma a evitar ferramentas nos locais errados, e por consequente não levar em erro outros colaboradores aquando da próxima troca de referência.

Por fim, de forma a colmatar todas as alterações elaborou-se uma folha de trabalho normalizado de forma a *standardizar* o processo de troca de referência. Esta folha encontra-se no apêndice 7 na Figura 72.

## 5.2 Reestruturação do *layout* e redução do número de colaboradores

Como forma de colmatar o tempo em esperas na máquina Neo, sugeriu-se uma redução do número de colaboradores, ou seja, um colaborador trabalhar na máquina Neo e paralelamente, na máquina 3

Cabeçais. Aliado a esta redução, propôs-se também a reestruturação do *layout* das máquinas supramencionadas. Esta proposta encontra-se na Figura 53.

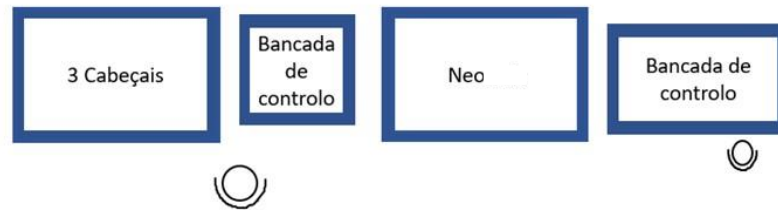


Figura 53 - Proposta de reestruturação de layout

Assim, no momento da produção do artigo final estaria a ser produzido o subconjunto gás box + casquilho, desta forma, não existiria *stock* deste último, visto que a máquina 3 Cabeçais estaria a alimentar diretamente a Neo e iria existir um fluxo em linha. Uma vez que a máquina 3 Cabeçais é mais rápida, não haveria o risco da Neo esperar pela mesma, e assim não existiria quebra na produção, conseguindo assim reduzir o WIP e ainda o *lead time*.

Além das vantagens supramencionadas acerca da alteração do *layout*, o investigador procurou saber se existiria algum custo de alteração do mesmo, isto é, se era necessária colaboração externa para movimentar as máquinas, do qual foi informado, que internamente era possível movimentá-las, assim o custo de alteração de *layout* ficaria a custo zero. Esta alteração também não interfere com a produção de outros produtos, visto que apenas o produto em estudo nesta dissertação passa em ambas as máquinas. E também não existe qualquer entrave quanto à fonte de alimentação.

Como mencionado acima, aliado à reestruturação do *layout* propôs-se uma redução no número de colaboradores, isto é, um colaborador trabalhar simultaneamente na máquina Neo e 3 cabeçais. Como o útil de controlo dos dois subconjuntos e do produto final é o mesmo, este encontrar-se-ia na bancada de maiores dimensões junto da máquina Neo, assim a bancada entre máquinas não será utilizada na produção do artigo em estudo. Além disto, o subconjunto gás box+ casquilho apenas é controlado geometricamente de hora em hora o que não irá sobrecarregar o colaborador que estará a fazer o controlo do produto que sai da Neo. Com esta redução de colaboradores é possível eliminar o tempo em esperas por parte do colaborador, e reduzir o número de MOD necessária para a produção do produto em estudo.

Depois de apresentada a proposta à empresa, decidiu-se que o melhor a fazer seria testá-la, de forma a perceber se é viável. Posto isto, observou-se que a máquina 3 cabeçais esperava pelo colaborador, enquanto este trabalhava nas duas máquinas em simultâneo, assim, decidiu-se que seria uma boa opção colocar a máquina 3 cabeçais mais lenta, de forma a melhorar a qualidade de cravação

realizado pela mesma, e assim era possível reduzir o tempo de espera da máquina, tornando o processo mais eficiente e com melhor qualidade, não só para o produto em estudo mas também para todas as referências produzidas nessa máquina.

De forma a normalizar as operações realizadas com apenas um colaborador em ambas as máquinas decidiu-se criar o documento *Standard Work Combination Sheet* para as máquinas em estudo (apêndice 9). Na criação deste documento foi necessário definir as sequências de operações necessárias para produzir cada artigo, de modo a que correspondam à sequência mais segura e com menos desperdícios na sua execução.

### 5.3 Propostas de melhoria para os supermercados

Esta secção apresenta as propostas de melhoria relativas aos supermercados, de entrada e de saída. Nesta secção apresentam-se propostas para os problemas dos supermercados não ergonómicos, paragens por falta de material, excesso de *stock* de produto final e de componentes de baixo consumo.

#### 5.3.1 Redimensionamento do supermercado de componentes de maior dimensão

Como forma de reduzir o esforço realizado pelos colaboradores na retirada de componentes da estante mais alta, sendo ela ajustável, decidiu-se averiguar através dos dados antropométricos qual seria a altura ideal das prateleiras, tendo como maior foco a prateleira superior e inferior. O redimensionamento da estante teve, então como base as dimensões antropométricas da população portuguesa (anexo I). Foram tidas em conta as seguintes considerações:

- A altura da prateleira superior não deve ultrapassar a altura do ombro, sendo que se teve em conta neste cálculo as colaboradoras do sexo feminino porque são as pessoas de menor altura.
- A altura da prateleira inferior não deve ser inferior à altura do poplíteo, aqui teve-se em conta os colaboradores do sexo masculino, uma vez que são os de maior altura.

Posto isto, procedeu-se ao cálculo das alturas:

Altura máxima:  $P_{5, \text{feminino}} = 1181 + 25 = 1206 \text{ mm} = 1,206 \text{ metros}$

Altura mínima:  $P_{95, \text{masculino}} = 453 + 25 = 478 \text{ mm} = 0,478 \text{ metros}$

Depois de calculadas as alturas ideais para as prateleiras mais críticas, procedeu-se à análise da estante, isto é, avaliou-se se seria possível colocar as prateleiras com as medidas recomendadas de modo a que as caixas maiores continuassem a ter espaço para serem colocadas.

No entanto, não foi possível colocar nas medidas calculadas anteriormente, visto que dessa forma apenas seriam permitidas três prateleiras, assim não iria existir espaço suficiente para a alocação dos componentes. Apesar disso, fez-se um ajuste de modo a torná-la mais ergonómica, respeitando a norma interna da empresa, que dita que a dimensão recomendada para a prateleira superior deve ser 160 centímetros, e a inferior 15 centímetros.

### 5.3.2 Reorganização dos supermercados de estante de acordo com o peso

Depois de analisado o problema relativo às queixas dos colaboradores apresentadas na secção 4.2.3, foi proposto a aplicação da equação de NIOSH para as prateleiras inferiores e superiores, uma vez que eram as prateleiras mais críticas, conseguindo assim perceber qual o peso limite recomendado nas mesmas, de modo prevenir possíveis lesões aos colaboradores a retirar as caixas de componentes e a colocar as do produto final.

De salientar que a empresa como norma interna menciona que não é aconselhável colocar um peso superior a 12kg nas estantes, no entanto, devido à existência de componentes que vêm da China, é necessário haver um aproveitamento de espaço no camião. Deste modo, as caixas têm um peso de até 15 kg, assim decidiu-se averiguar se este peso não ultrapassa o peso limite recomendado para a manipulação manual de cargas em questão. A seguir apresentam-se as propostas das alterações nas estantes.

#### ***5.3.2.1 Estante do produto final***

Depois de aplicar a equação de NIOSH para a estante de produto final, chegou-se ao valor de Peso Limite Recomendado (PLR), para a prateleira superior, de 14,08 kg, já para a prateleira inferior o valor é de 14,23 kg, estes valores encontram-se apresentados na Tabela 13. Os cálculos encontram-se no apêndice 10.

*Tabela 13 - Valores de PLR para a estante de produto final*

<b>Estante de produto final</b>	
<b>Prateleira Superior</b>	14,08 kg
<b>Prateleira Inferior</b>	14,23 kg

#### ***5.3.2.2 Estantes dos componentes***

Como se pode observar pela Figura 13 da secção 4.1.5, existem três estantes de componentes, duas com as mesmas alturas de prateleiras e uma última de dimensões diferentes. Nestas existem dois tipos de caixas que irão diferenciar o peso limite recomendado, nomeadamente, existem caixas com pegas más (Figura 54 a)), e pegas boas (Figura 54 b)), sendo então necessário ter em consideração esta característica no cálculo do peso limite.

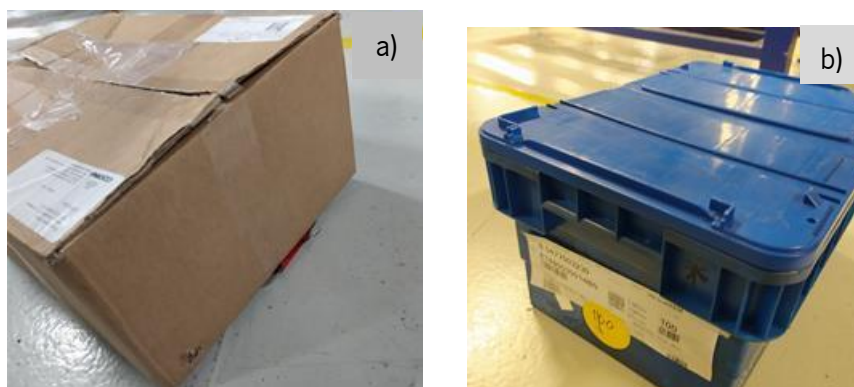


Figura 54 - Tipos de caixa a) com má pega; b) com pega boa

Depois da regulamentação à estante mais alta apresentada na secção 5.3.1, procedeu-se então ao cálculo do peso limite recomendado das estantes de componentes, cujos cálculos se encontram no apêndice 10. De salientar que as alturas consideradas para este cálculo não são as alturas das prateleiras da estante mas sim a altura da pega quando a caixa se encontra na estante. Assim, chegou-se aos valores da Tabela 14.

Tabela 14 - Valores de PLR para as estantes de entrada

	Estante de entrada			
	Estante mais alta		Estante mais baixa	
	Boa pega	Má pega	Boa pega	Má pega
<b>Prateleira superior</b>	10,94 kg	10,61 kg	11,16 kg	10,84 kg
<b>Prateleira inferior</b>	13,53 kg	11,53 kg	13,39 kg	11,75 kg

Depois de calculado o peso limite recomendado para as estantes de componentes e para a estante de saída, analisou-se que este peso é, aproximadamente, o peso que é aconselhável colocar no supermercado de estante. No entanto, decidiu-se criar classes entre prateleiras, sendo que todas as estantes são constituídas por quatro prateleiras.

Para a criação dessas classes foi necessária uma recolha de toda a informação acerca das referências já alocadas nas estantes assim como, foi feita uma análise junto do *Product Leader* de modo a perceber se ainda fazia sentido esta alocação, posteriormente foi realizada uma pesagem de todos os componentes e produtos finais em questão (Tabela 45, Tabela 46 e Tabela 47 do apêndice 11).

Como é possível observar no apêndice supramencionado, os pesos estão compreendidos entre 2kg e 15kg. Assim, em conversa com os responsáveis da segurança da empresa, decidiu-se alocar tanto os componentes como os produtos finais da forma explícita na Tabela 15.

Tabela 15 - Distribuição dos pesos pelas prateleiras

Prateleira	Peso (kg)
Superior	2-6
Intermédia	8-15
Inferior	6-8



Decidiu-se alocar os produtos mais leves na prateleira superior por serem de menor peso, assim como os de peso intermédio na prateleira inferior uma vez que exige menor esforço do que colocar na inferior, e por fim alocou-se os de maior peso nas prateleiras intermédias uma vez que se encontram na linha das mãos, não causando grande esforço tanto na coluna como nos braços, conseguindo assim manter a segurança do colaborador e respeitar o peso limite recomendado.

### 5.3.3 Divisão do supermercado de entrada

De forma a resolver o elevado excesso de *stock* de componentes de baixo consumo e as paragens devido à falta de material, sendo este último o problema mais crítico da linha e depois de analisar as causas destes problemas, achou-se que a proposta mais viável para os combater seria identificar os produtos que nunca poderão estar em falta no supermercado.

Para esta divisão foi necessária a realização de uma análise ABC com base na quantidade de artigos, ou seja, teve como objeto de estudo a procura semanal. Esta encontra-se na Tabela 30 do anexo 4. Para a realização da mesma foi necessário fazer uma recolha de todos os subconjuntos produzidos na linha, assim como a respetiva procura, depois disto procedeu-se à realização do gráfico e à divisão em classes. A recolha desta informação encontra-se no apêndice 12, tendo-se obtido o gráfico presente na Figura 55.

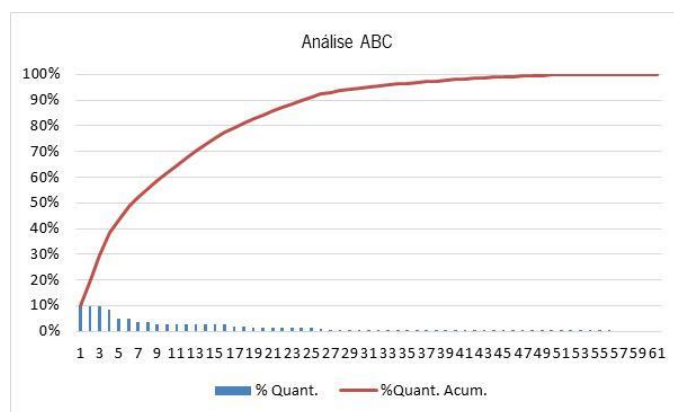


Figura 55 - Análise ABC por quantidade de artigos

Depois desta análise chegou-se aos resultados da Tabela 16.

Tabela 16 - Resultados obtidos através da análise ABC

Número de artigos	% acumulada de artigos	% acumulada quantidade	Classe de artigos
17	27,87%	79,41%	<b>A</b>
13	47,54%	94,73%	<b>B</b>
31	100%	100%	<b>C</b>
Total: 61	100	100	

Posteriormente, realizou-se uma análise para identificar os componentes que constituem os subconjuntos, onde foram analisados um a um para identificar se era necessário um espaço para esse componente ou se vinha diretamente da linha fornecedora aquando da produção do subconjunto. Depois de concluída, com o auxílio da análise ABC procedeu-se à divisão dos componentes, em componentes de elevado consumo e de baixo consumo, sendo que os primeiros correspondem à classe A, e os segundos à classe B e C. Posto isto, dividiu-se os componentes pelas estantes já existentes na linha, isto é, alocou-se os componentes da classe A na estante de maiores dimensões uma vez que esta tem maior capacidade para cada referência, e os da classe B e C alocaram-se nas restantes duas estantes de entrada, visto que tem uma maior capacidade de referências.

Depois de concluída a organização dos supermercados foi necessário recolher a capacidade de cada espaço para cada componente, devido ao fato de existirem variadas caixas de diferentes medidas alocadas na estante, posto isto, foi necessário avaliar a capacidade da linha durante uma hora de trabalho, para que não haja excesso de *stock* de componentes nem paragens por falta de material.

Posto isto, a informação recolhida foi transmitida ao armazém, de maneira a estes criarem as etiquetas, que o operador logístico visualiza no corredor. Estas são compostas por diversos parâmetros, como por exemplo a quantidade máxima de caixas que é possível alocar em determinado espaço. Na Figura 56 encontra-se um exemplo destas etiquetas com os respetivos parâmetros:

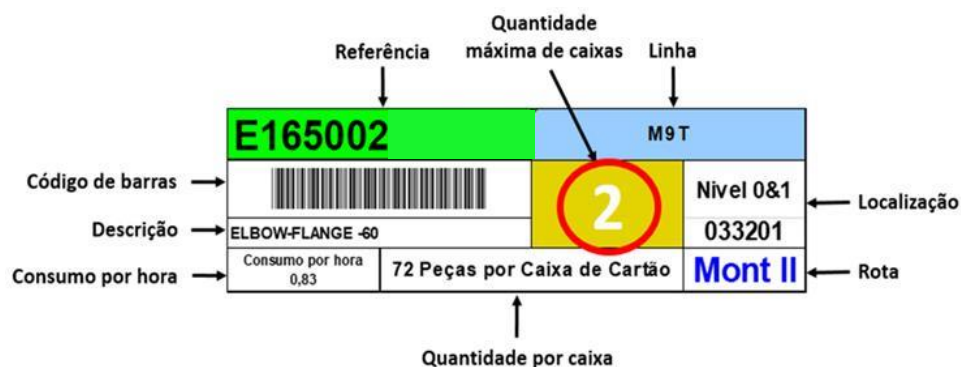


Figura 56 - Etiqueta proveniente do armazém de cor verde

Além do número máximo de caixas, adicionalmente transmitiu-se também quais seriam os produtos de elevada rotação, os de média e os de baixa, tendo como base a análise ABC realizada acima, isto porque existem diferentes etiquetas para cada tipo de rotação. As etiquetas com a referência em fundo verde, como mostra a figura acima, correspondem a componentes de elevada rotação, as de fundo amarelo (Figura 57 a)) correspondem a componentes de média rotação, e as rosa (Figura 57 b)) seriam as de baixa rotação. Desta forma o colaborador do comboio logístico sabe quais os componentes que devem estar a ser constantemente abastecidos.

<b>E131002</b>		Capacitários 1 a)	
		Alimentador: A53	Nível 0&1
SPIGOT Ø18x1 (BEND 147)		<b>2</b>	042200
Consumo por hora: 0,14	500 Peças por Multipack 6	Montagem 1	

<b>E173000</b>		Capacitários 1 b)	
		Alimentador: B12	Nível 0&1
FLANGE OUTERCASE 84x51.5 THICK. 8		<b>3</b>	033601
Consumo por hora: 1,64	50 Peças por Multipack 6	Montagem 1	

Figura 57 - Etiqueta proveniente do armazém a) cor amarela; b) cor rosa

### 5.3.4 Redimensionamento das quantidades dos supermercados de saída

Depois de identificadas e analisadas as causas dos problemas relativos ao excesso de *stock* de produto final e ao *lead time* elevado, decidiu-se que melhor forma de combater estes problemas passaria pelo redimensionamento das quantidades máximas e mínimas dos supermercados e, por fim, a formação dos colaboradores, de modo a que estes respeitem as quantidades definidas.

Desta forma, foi necessário a concretização de várias etapas, de modo a garantir que as quantidades estipuladas fossem suficientes:

1. Recolha de todas as referências de todos os produtos que se encontram nos supermercados de chão e de estante, assim como a respetiva máquina e o tempo de ciclo.
2. Junto do líder de equipa das linhas que são abastecidas pela linha em estudo, foi realizada a recolha da procura por semana das mesmas, dos turnos a que trabalham e ainda a capacidade das respetivas linhas. Tendo posteriormente sido fornecido a procura diária, uma vez que a procura semanal, não significa que seja apenas a dividir por cinco dias, visto que existem dias que a procura é maior, e ainda outros em que não pedem produtos. O ficheiro com as respetivas procuras encontra-se no anexo 4.
3. Análise da capacidade da linha em estudo, de modo a analisar qual o tempo necessário para a linha 7Y08 satisfazer a procura de uma semana dos seus clientes.
4. Recolha, com o auxílio das fichas de embalagem de cada produto, do tipo de caixa usada para colocar o produto final, assim como a quantidade que é possível colocar na respetiva caixa.

Depois da recolha dos dados, foi necessário analisá-los de modo a conseguir uma definição das quantidades necessárias de modo a não haver excesso de *stock* nos supermercados em estudo. No entanto, foi necessário ter em consideração o espaço disponível tanto na estante como no supermercado de chão, tendo-se alocado na estante os produtos mais leves e simultaneamente, os de menor consumo, visto que o espaço é menor.

#### **5.3.4.1 Definição das quantidades no supermercado de estante**

Em relação aos supermercados de estante teve-se em conta que em cada espaço apenas se conseguem colocar duas caixas cinza, quatro caixas laranja e oito caixas amarela. Assim, avaliou-se a procura semanal de cada produto e a capacidade de cada caixa e do respetivo espaço na estante, tendo em conta o tipo de caixa. Tentou-se colocar a quantidade máxima de modo, a satisfazer a procura semanal, no entanto, nos produtos com procura de 3550, 2000 e 1100 optou-se por analisar a procura diária de modo a satisfazer esta. Já no produto em que a procura é 6000 decidiu-se analisar a procura por turno, uma vez que a procura diária se divide pelos números de turnos que trabalha a linha do cliente.

Assim, como é visível pelo apêndice 13, Tabela 49 eram necessários 28 espaços, exatamente os disponíveis. No entanto, avaliou-se a possibilidade de extensão da estante, uma vez que este espaço se encontra inutilizado e a mesma não se encontra na sua extensão máxima. Os resultados estão apresentados na Tabela 17.

*Tabela 17 - Capacidade da estante de saída*

	Tipo de caixas			Total de espaços necessários
	Cinza	Laranja	Amarelas	
<b>Atual</b>	2	4	8	28
<b>Extensão</b>	4	8	16	18

#### **5.3.4.2 Definição dos supermercados de chão**

Em relação aos supermercados de chão teve-se em conta que em cada espaço apenas se conseguem colocar 12 caixas cinza e 24 laranja. Assim, avaliou-se a procura semanal de cada produto e a capacidade de cada caixa, tendo em conta o tipo de caixa. Tentou-se colocar a quantidade máxima de forma a satisfazer a procura semanal, no entanto, em diversos produtos, não existia espaço para essa alocação, assim, nessas situações decidiu-se analisar a procura diária, no sentido de satisfazer esta, e a serem produzidos todos os dias esses produtos. Já nos produtos em que capacidade da caixa era bastante reduzida em relação à procura, decidiu-se analisar a procura por turno, uma vez que a procura diária se divide pelos números de turnos que trabalha a linha do cliente. Posto isto, obteve-se os valores a sombreado a amarelo na Tabela 50 do apêndice 14. Um excerto da Tabela 50 encontra-se na Tabela 18.

Tabela 18 - Excerto da tabela do apêndice 13

Referência	Máxima		Mínima	
	Quant. Máx	Nº caixas	Quant. Min	Nº caixas
E173000XXXXX	288	16	162	9
E387003XXXXX	396	22	360	20
E387003XXXXX	432	24	216	12
E387001XXXXX	405	9	225	5
E387002XXXXX	408	8	357	7
E101000XXXXX	900	18	750	15
E387003XXXXX	2016	24	1008	12
E387004XXXXX	600	15	320	8
E387003XXXXX	432	9	288	6
E114003XXXXX	216	9	192	8

Posteriormente em análise com a restante equipa optou-se por colocar como referência 12 caixas cinza de quantidade máxima e 6 de quantidade mínima, de modo a que os colaboradores tivessem o ponto de referência a que já é comum na empresa, satisfazendo assim, o modo *standard*.

Já, em relação às caixas laranjas colocou-se como quantidade máxima 24 e mínima 12. Foram arredondados por excesso todos os valores das quantidades, à exceção do produto em que apenas eram necessárias 15 caixas, visto que este valor é bastante inferior à das 24, uma vez que cada caixa leva 40 peças, o que ia gerar mais 360 peças do que as necessárias. Assim, obtiveram-se as quantidades finais que se encontram nas colunas “Análise Crítica” da Tabela 50 que se encontra do apêndice 14.

Depois de concluída a fase de análise procedeu-se à criação das etiquetas, quer para o supermercado de chão como o de estante. Aqui teve-se em consideração a dificuldade relatada pelos colaboradores da linha, tendo-se então inserido a quantidade e o número de caixas equivalente. A etiqueta proposta encontra-se na Figura 58.

7C06-2 Linha Montagem			
Ref:	Descrição produto:	Foto:	QTD MIN
E149004	Subconjunto Patilha + Casquilho		<b>360 (6cx)</b>
			<b>QTD MÁX</b>
			<b>480 (8cx)</b>

Figura 58 - Etiqueta proposta dos supermercados de saída

Posteriormente à organização dos supermercados deu-se formação, através de uma apresentação *PowerPoint* (apêndice 15), aos colaboradores de todas as linhas em que o *Product Leader* era responsável, isto devido à rotatividade entre postos, de modo a alertar para não conformidades existentes na linha relacionadas com os supermercados e conseguir que percebam a importância de respeitar tudo o que foi implementado.

Além de todas as propostas sugeridas, em conversa com o *Product Leader* achou-se que se devia colocar placas identificadoras em todos os supermercados da linha, desta forma é possível facilitar a tarefa dos colaboradores do armazém, que distribuem e recolhem o material, em identificar quais os supermercados de entrada e de saída existentes.

#### 5.4 Implementação do indicador de OEE

Aquando da realização do projeto, o investigador deparou-se com a ausência do cálculo do indicador OEE da linha em estudo, sendo apenas realizado para a máquina de soldadura CMT. No entanto, para esta máquina este cálculo era realizado de forma incorreta, uma vez que existiam paragens planeadas que eram consideradas como paragens não planeadas, desta forma o cálculo de OEE não era o correto.

Posto isto, decidiu-se que se deveria atualizar os livros de registo de produção das três áreas, visto que os que existiam não permitiam o cálculo de OEE, uma vez que apenas eram registadas as peças boas e o início e fim de produção de cada referência.

Relativamente à área 7Y08-2 decidiu-se, além dos campos colocados, inserir os campos: total de peças, avarias e troca de referência e a referência que irá ser produzida depois. Na Figura 59 encontra-se um exemplo colocado no livro de registo. Assim, com este registo vai ser possível ter um seguimento mais detalhado da produção efetuada em cada turno e ainda realizar o cálculo de OEE de forma a ser possível avaliar os 3 índices que o compõem de forma a atuar sobre o mais crítico.



Registo de produção - Área capacitários (7Y08-2)										BorgWarner
Data: / /		Turno: _____								
Foto	Referência	Descrição produto	Nº Máquina	Nº colaborador	Total peças	Peças OK	Avarias	Hora início/fim	Troca referência	Ref: seguinte
	E387005XXXXXX	Flange + Decoupler								
Foto	Referência	Descrição produto	Nº Máquina	Nº colaborador	Total peças	Peças OK	Avarias	Hora início/fim	Troca referência	Ref: seguinte
	E387004XXXXXX	Flange + gasbox								

Figura 59 - Excerto de livro de registo da área 7Y08-2

Relativamente à área 7Y08-3, o investigador à semelhança da área anterior também inseriu os três campos acima referidos, no entanto inseriu ainda o campo de arranque e observações, isto porque as máquinas desta área por vezes tem um arranque com problemas, desta forma é importante saber o tempo despendido no mesmo para posteriormente averiguar. O campo observações consiste em colocar qualquer informação que nos outros campos não foi possível devido ao espaço reduzido. Na

Figura 60 encontra-se um exemplo colocado neste livro de registo. Este registo vai permitir também um seguimento mais detalhado, e o cálculo de OEE desta área de forma atuar sobre o índice mais crítico.



Registo de produção - Área capacitários (7Y08-3)											# BorgWerner	
Data: ___/___/___											Turno: _____	
Foto	Referência	Descrição produto	Objetivo (peças/hora)	Nº colaborador	Tempo de arranque	Total peças	Peças OK	Avarias	Hora início/fim	Troca referência	Refª seguinte	Observações
	E126004XXXXXX	OUTER HOUSING ASY	120									
Foto	Referência	Descrição produto	Objetivo (peças/hora)	Nº colaborador	Tempo de arranque	Total peças	Peças OK	Avarias	Hora início/fim	Troca referência	Refª seguinte	Observações
	E103001XXXXXX	Sub-Conjunto Filtro	180									

Figura 60 - Excerto do livro de registo da área 7Y08-3

Por último, para a área 7Y08-4 decidiu-se atualizar de forma a este ser mais detalhado, e mais correto nas considerações de paragens programadas e não programadas. Os três livros mencionados acima encontram-se na íntegra no apêndice 16.

De salientar que o tempo de ciclo ideal necessário para o cálculo do índice de velocidade encontra-se nas gamas de operação de cada referência.

Depois de colocado cada livro de registo nas respetivas áreas, espera-se que os colaboradores sempre que terminarem de produzir determinada referência registem no livro todos os dados solicitados. Para posteriormente os chefes de equipa transferirem para *Excel*, de forma a se proceder mais facilmente ao cálculo do OEE.

## 6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados, analisados e discutidos os resultados obtidos através das propostas implementadas e não implementadas durante o projeto de dissertação. Começa-se por apresentar os resultados obtidos da redução dos tempos de *setup* conseguidos pela aplicação da ferramenta SMED nas máquinas Neo, 3 Cabeçais e CMT. Posteriormente, apresentam-se os resultados conseguidos na redução do tempo em esperas na máquina Neo e, por fim, expõe-se os resultados alcançados através das alterações nos supermercados, nomeadamente, as melhores condições ergonómicas, redução de paragens e melhor organização. No final da secção, apresenta-se uma síntese dos ganhos obtidos.

### 6.1 Redução do tempo de *setup*

Esta secção apresenta os resultados obtidos através da aplicação da técnica SMED, e 5S nas máquinas 3 Cabeçais, Neo e CMT.

#### 6.1.1 Máquina 3 cabeçais e Neomek

Depois de implementado o carrinho apresentado na secção 5.1.1 e a técnica 5S, voltou-se a cronometrar o tempo de troca de referência de cada máquina, assim como se realizou as folhas de trabalho normalizado (apêndice 7), para posteriormente serem colocadas junto à respetiva máquina com as gamas da mesma. Posto isto, procedeu-se à análise dos tempos, tendo assim obtido os resultados apresentados na Tabela 19 para a máquina Neo.

*Tabela 19 - Ganhos obtidos pela implementação do carrinho e 5S na máquina Neo*

	Antes	Depois	Ganho (%)
Transporte (seg)	176	67	62
Distância percorrida (m)	97,2	37,1	62
Procura de ferramentas (seg)	80	0	100
Total (seg)	448	254	43

Como é possível observar pela Tabela 19 houve uma redução significativa tanto no tempo despendido em transporte de material e ferramentas como na procura dos mesmos, concretizando houve uma redução de 62% no tempo despendido em transporte e 100% na procura de ferramentas. Aliado à redução do transporte tem-se também a redução dos metros realizados pelo colaborador, conseguindo uma diminuição de 97,2 metros para 37,1 o que corresponde a uma redução de 62%.

De forma geral, no tempo total de troca de referência, houve uma diminuição de 194 segundos, o que reflete numa percentagem de 43%.

Na Tabela 20 são apresentados os resultados obtidos na máquina 3 Cabeçais.



Tabela 20 - Ganhos obtidos pela implementação do carrinho e 5S na máquina 3 Cabeçais

	Antes	Depois	Ganho (%)
Transporte (seg)	129	41	68
Distância percorrida (m)	74,1	36,4	51
Procura de ferramentas (seg)	60	0	100
Total (seg)	372	176	53

Como é possível observar pela Tabela 20 houve uma redução significativa tanto no tempo despendido em transporte de material e ferramentas como na procura dos mesmos, concretizando houve uma redução de 68% no tempo despendido em transporte e 100% na procura de ferramentas. Aliado à redução do transporte temos também a redução dos metros realizados pelo colaborador, conseguindo uma diminuição de 74,1 metros para 36,4 o que corresponde a uma redução de 51%.

De forma geral, comparando o tempo total de troca de referência, houve uma diminuição de 196 segundos, o que reflete numa percentagem de 53%.

### 6.1.2 Máquina de Soldadura CMT

Depois de aplicar a ferramenta SMED e apresentadas as propostas de melhoria, que foram mostradas na secção 5.1.2 ao *Product Leader*, decidiu-se que era crucial implementar as mesmas de forma a reduzir então o tempo de cada troca de referência. Desta forma, começou-se por implementar a identificação das fichas *harting* e maquetes, em que se conseguiu a evolução da Figura 61 a) para a Figura 61 b) e c). Assim é possível, o colaborador saber a que maquete é que a ferramenta 1 corresponde.

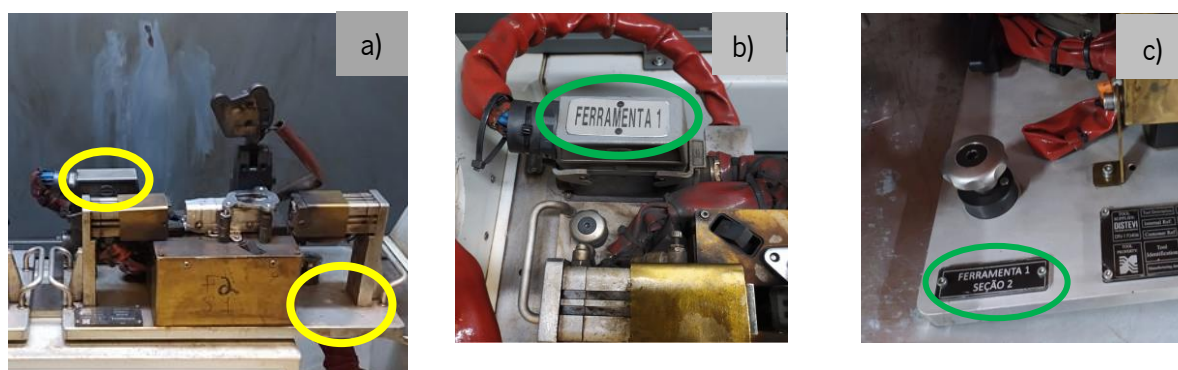


Figura 61 – Fichas *harting* e maquetes a) Antes; b)/c) Depois

Posteriormente, decidiu-se implementar a capa, apresentada na Figura 62 c), para que as gamas operatórias estejam sempre visíveis para o colaborador, visto que o colaborador em cada troca de referência tinha de colocar as gamas do produto que iria produzir visíveis para quando tivesse qualquer dúvida, estas fossem de fácil acesso. Para este procedimento era necessário retirar a capa de argolas apresentada na Figura 62 a), colocar as gamas que se encontravam no expositor (Figura 62 b) na

capa, procurar as gamas do produto a produzir de seguida e por fim colocá-las no expositor. Depois de analisado o processo, decidiu-se colocar uma capa como a apresentada na Figura 62 c) de modo a eliminar este tempo e assim, reduzir o tempo de troca de referência.



Figura 62 - Gamas operatórias: Antes - a) capa de argolas; b) disposição na bancada; Depois c) proposta implementada

Por fim, aplicou-se a ferramenta 5S, de forma a organizar o posto de trabalho e a eliminar a situação de perigo existente dentro da máquina. Assim, obteve-se o resultado apresentado abaixo.



Figura 63 - Arrumação do material junto à máquina: Antes- a) dentro da máquina; b) armário; Depois - c) proposta implementada

Posteriormente, fez-se uma estimativa do tempo que seria agora despendido na troca de referência. As melhorias obtidas encontram-se na figura abaixo.

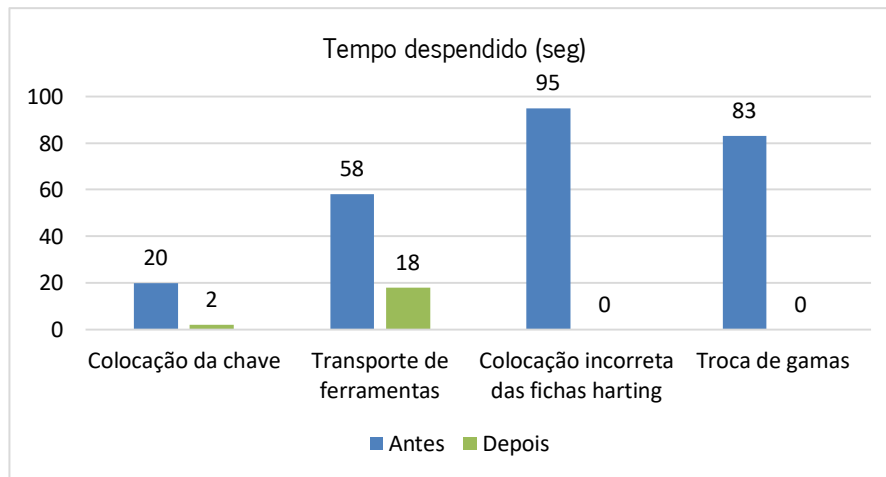


Figura 64 - Comparação entre antes e depois da implementação de SMED na máquina CMT

Como é possível observar pela Figura 64 houve uma redução em todos os parâmetros identificados como problemas que contribuíam para um maior dispêndio de tempo em cada troca de referência. Através da alocação da chave junto à máquina foi possível reduzir em 90% o tempo despendido com esta. Com a normalização no processo de utilização do carrinho reduziu-se 69 % no transporte de ferramentas. Relativamente às fichas *hartinge* à troca das gamas, houve uma redução de 100%.

Na Tabela 21, são apresentados os resultados obtidos em termos de tempo e distância percorrida durante toda a troca de referência.

Tabela 21 – Comparação do tempo total e distância percorrida (antes vs depois)

	Antes	Depois	Ganho (%)
Tempo total (seg)	1529	930	39
Distância percorrida (m)	159,7	123,3	23

Como é possível observar pela tabela acima houve uma redução de 599 segundos, o que corresponde a aproximadamente 10 minutos (39%). Relativamente à distância percorrida houve uma redução de 36,4 metros, isto é 23%. Considerando que existe pelo menos uma troca de referência por turno, ao final de uma semana (5 dias úteis) existiria mais 150 minutos disponíveis para a produção, o que corresponde a 2 horas e 30 min. Sabendo que o tempo de produzir uma peça corresponde a 40 segundos, significa que se poderia produzir mais 225 peças por semana, o que equivaleria a um ganho monetário de 2 011,5€/ por semana.

Apesar de não existir um cálculo correto para o OEE desta máquina, o investigador decidiu estudar qual seria a melhoria em termos deste indicador, uma vez que existiam os dados para esse cálculo. Uma vez que a disponibilidade da máquina aumenta com a diminuição do tempo de troca de referência, é expectável que o valor de OEE aumente, desta forma, espera-se que com as melhorias

implementadas o valor suba cerca de 2%, em relação ao OEE que existia com 25 minutos de tempo de troca de referência.

Além dos ganhos obtidos, analisou-se também os valores obtidos pelas auditorias 5S feitas todos os meses a cada uma das áreas da linha em estudo. Desta forma, avaliou-se esse valor antes e depois da implementação da ferramenta 5S em cada uma das duas áreas em estudo nesta dissertação. Os valores obtidos encontram-se no gráfico da Figura 65.

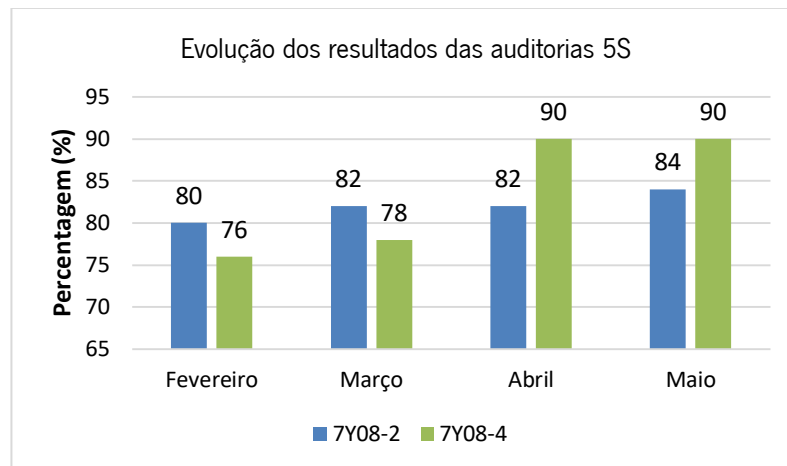


Figura 65 – Evolução dos resultados das auditorias 5S

Como é possível observar houve um aumento significativo, em ambas as áreas, comparando o mês de fevereiro com o de maio, é possível notar que houve um aumento de 4% na área 7Y08-2 e de 14% na área 7Y08-4. De salientar que as avaliações dependem do auditor de cada mês e da sua rigorosidade.

## 6.2 Redução do tempo em esperas na máquina Neo

Como foi observado pelo VSM apresentado na secção 4.2.2 existia um *lead time* de 10,67 dias, um WIP de 1296 peças e eram necessários quatro colaboradores em todo processo de produção dos subconjuntos e produto final. Já pelo diagrama de sequência apresentado na Figura 69 foi possível observar que o colaborador esperava 18 segundos pela máquina. Desta forma, depois de implementadas as propostas apresentadas na secção 5.2 esperava-se uma redução em todos os problemas identificados na secção 4.2.2. No entanto, como não foi possível implementá-las, o investigador procurou estimar as melhorias que se esperavam obter. Estas são apresentadas na Tabela 22.

Tabela 22 - Melhorias esperadas com a proposta apresentada na seção 5.2

	Antes	Depois	Ganho
WIP (peças)	1296	289	78%
Lead Time (dias)	10,67	5,25	49%
MOD (numero de colaboradores)	4	3	5 280€/mês
Esperas (seg/peça)	18	0	100%

### 6.3 Melhores condições ergonómicas

Depois de analisar a estante de maiores dimensões, e comparar com as medidas antropométricas e com a norma interna da empresa, decidiu-se ajustar o mais possível de modo a respeitar ambas.

Depois de aplicar a equação de NIOSH, e da divisão de peso entre as prateleiras existentes apresentada na Tabela 15 da secção 5.3.2 recorreu-se ao método EWA, de forma a avaliar novamente quanto à existência de risco para os colaboradores, tendo assim reduzido o risco do nível 3 para o 2. Esta redução permitiu verificar que houve uma melhoria significativa nas condições ergonómicas dos supermercados de estante, o que levou a concluir que os colaboradores da linha em estudo estão sujeitos a menos riscos no momento da retirada de componentes e colocação de produto final nas respetivas estantes.

### 6.4 Redução das paragens e do excesso de *stock* de componentes

Através da reorganização dos supermercados de entrada, nomeadamente a alocação de componentes de elevado consumo numa só estante, foi possível reduzir o impacto dos problemas referentes às paragens da linha e do excesso de *stock* de componentes de baixo consumo. Durante as primeiras três semanas do mês de março, durante todos os dias úteis, a linha foi analisada, de modo a eventualmente identificar excesso de *stock*, assim como, analisar se a linha era obrigada a parar por falta de material. Para o primeiro caso recolheu-se o material em excesso, e o seu valor monetário, posto isto procedeu-se ao cálculo de capital parado através da multiplicação dos dois fatores mencionados anteriormente. Para o segundo caso, recolheu-se o tempo de paragem, assim como o número de colaboradores afetados pela mesma, posteriormente multiplicou-se estes últimos fatores pela valor de MOD.

Posto isto, agrupou-se os 15 dias úteis pelas semanas, para que o investigador tivesse uma ideia mais geral dos excessos e paragens. Ainda ao longo destes dias ele foi alertando os colaboradores do armazém para a existência das não conformidades mencionadas acima, para que estes as pudessem corrigir. Assim, foram conseguidos os valores da Figura 66.

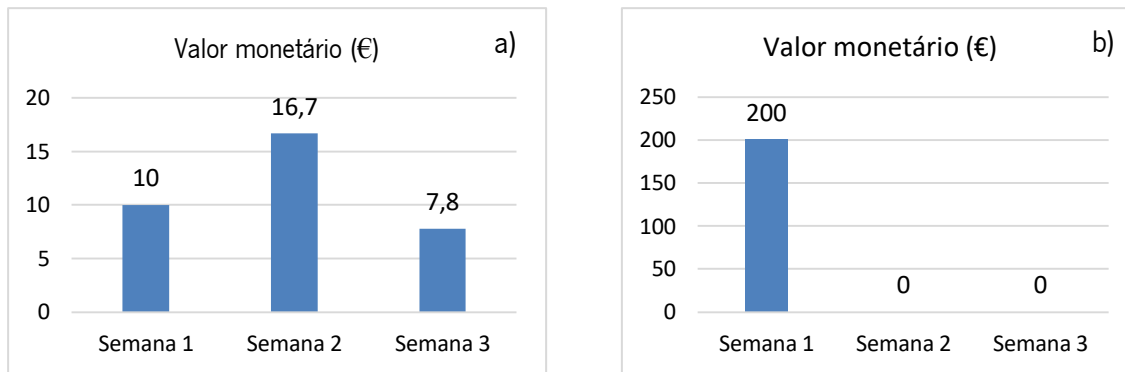


Figura 66 - Valor monetário despendido em a) paragens por falta de material; b) excesso de componentes

Depois de recolhidos os dados apresentados acima, o investigador decidiu compará-los com os valores recolhidos antes da implementação das propostas. Relativamente às paragens por falta de material recolheu-se o valor do mês com menos paragens, isto é, o mês de Janeiro, dividiu-se pelas quatro semanas, obtendo-se assim o valor de 50,72€/semana, posto isto considerou-se o valor mais elevado recolhido depois das propostas implementadas, tendo-se obtido um ganho de 34,02€/semana.

Em relação ao excesso de *stock* de componentes procedeu-se ao mesmo processo, no entanto a recolha antes das implementações foi realizada em semanas, assim apenas se recolheu o valor da semana com menor excesso de stock. Decidiu-se optar pela relação de menor valor antes das implementações e maior valor depois das implementações de forma a calcular o valor mínimo de ganho, durante o estudo. Todos os resultados supramencionados encontram-se Tabela 23.

Tabela 23 - Ganhos obtidos pela proposta da secção 5.3.3

	Antes	Depois	Ganho (€/semana)
Paragens por falta de material (€/semana)	50,72	16,7	34,02
Excesso de componentes (€/semana)	245,25	200	45,25

Posto isto, decidiu-se averiguar qual o ganho ao final de um ano, isto é multiplicou-se os valores da tabela acima por 52 semanas que correspondem a um ano, atingindo um valor de 1 769,04€/ano para as paragens por falta de material, já para o excesso de *stock* atinge-se um valor de 2 353€/ano. Além dos resultados mencionados acima é expectável um aumento da produtividade, uma vez que o tempo disponível da máquina irá aumentar, no entanto não é possível concretizar o valor uma vez que não existia cálculo de OEE.

## 6.5 Melhor organização dos supermercados de saída

Depois de estudar quanto à extensão da estante de saída, decidiu-se proceder, então à sua extensão, tendo-se então reduzido 10 espaços como foi apresentado na secção 5.3.4, tendo-se conseguido a

evolução apresentada na Figura 67. Na Figura 67 a) é apresentada a estante antes da implementação supramencionada, já na Figura 67 b) é apresentada a estante depois da implementação.



Figura 67 - Estante de saída: a) antes; b) depois

Com o redimensionamento dos supermercados de saída, apresentado na secção 5.3.4, complementado com formação às equipas dos três turnos, os limites estipulados em cada etiqueta de cada produto foram maioritariamente respeitados conseguindo, assim, uma redução de custos em excesso de *stock* de produto final. De salientar que os valores apresentados na Figura 68 foram estipulados tendo em atenção os produtos em que era recorrente a produção em excesso na fase de diagnóstico.

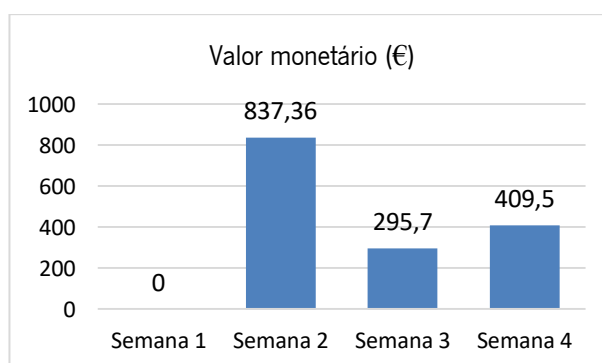


Figura 68 - Valor monetário despendido em stock de produto final

Como é possível observar pela figura acima os custos associados ao excesso de *stock* diminuíram drasticamente. Considerando o melhor cenário da fase de diagnóstico e o pior cenário depois das melhorias implementadas, espera-se um ganho de 136,85€ ao final de uma semana (Tabela 24), correspondendo a 7 120,36 €/ano (136,96 € x 52 semanas).

Tabela 24 - Ganhos obtidos pela proposta de redimensionamento dos supermercados

	Antes	Depois	Ganho (€/semana)
Excesso de stock de produto final (€/semana)	974,32	837,36	136,96

## 6.6 Maior satisfação dos colaboradores

De forma a avaliar o nível de satisfação dos colaboradores que trabalhavam na linha 7Y08, o investigador decidiu criar um inquérito para fazer essa avaliação. Este inquérito era de carácter anónimo para que todos os 9 inquiridos se sentissem perfeitamente à vontade para responder às quatro questões colocadas. O inquérito encontra-se na íntegra no apêndice 17.

Depois de analisar todas as respostas dos 9 colaboradores, teve-se a percepção de que, de forma geral, os colaboradores estavam bastante satisfeitos com o projeto realizado, conseguindo afirmações como “Melhorou bastante a organização da linha”, “Projeto muito bom”, “Deve ser aplicado em todas as áreas” e ainda “É um projeto de elevada complexidade de organização mas com resultados altamente positivos e eficazes na gestão da produção e utilização de recursos e meios no dia-a-dia”.

## 6.7 Síntese de resultados

Nesta seção apresenta-se uma síntese de resultados obtidos que é apresentada na Tabela 25.

*Tabela 25 - Síntese de resultados obtidos*

Proposta de melhoria	Resultados obtidos
Aplicação de SMED	<b>Neo:</b> Redução de 62% em transporte; Redução de 100% na procura de ferramentas; Redução de 43% no total de tempo de uma troca de referência.
	<b>3 Cabeçais:</b> Redução de 68% em transporte; Redução de 100% na procura de ferramentas; Redução de 53% no total de tempo de uma troca de referência.
	<b>CMT:</b> Redução de 10 min (39%) numa troca de referências; Aumento da produtividade (+225peças/semana) = 2 011,5€/semana; Aumento do OEE em 2%.
Reestruturação do <i>layout</i> e redução do número de colaboradores	Redução de WIP em 78%; Redução do <i>lead time</i> em 49%; Redução de MOD em 5 280€/mês; Redução de esperas em 100%.
Redimensionamento do supermercado de estante de maior dimensão	Redução do nível de risco ergonómico: Nível 3 para nível 2.
Reorganização dos supermercados de estante	
Divisão do supermercado de entrada	Redução do valor de MOD parada: poupança de 1 769,04€/ano; Redução do excesso de <i>stock</i> de componentes: poupança de 2 353€/ano.
Redimensionamento do supermercado de saída	Redução do excesso de <i>stock</i> de produto final: poupança de 7 120,36€/ano.



De forma a perceber se o retorno do investimento seria rápido, foi realizado um estudo representado na Tabela 26, onde estão presentes os custos associados às propostas em que foi necessário um investimento por parte da empresa, bem como os ganhos monetários atingidos com as mesmas.

*Tabela 26 – Cash Flow do tempo de recuperação*

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio
<b>Investimento</b>	-405	-250,45			
<b>Ganhos</b>	< Stock de produto final		547,84	547,84	547,84
	> Produtividade CMT		8 046	8 046	8 046
<b>Cash Flow (€)</b>	-405	-250,45	8 593,84	8 593,84	8 593,84
<b>Cash Flow acumulado (€)</b>	-405	-655,45	7 938,39	16 532,23	25 126,07

## 7. CONCLUSÃO

Neste último capítulo são apresentadas as conclusões deste projeto de dissertação. Além disso, são apresentadas algumas sugestões de trabalho futuro.

### 7.1 Considerações finais

O principal objetivo deste projeto destinou-se a melhorar os fluxos de produção através da aplicação da metodologia *Lean Production* e pensamento *Lean*, assim como as suas ferramentas, com vista a aumentar a produtividade e reduzir custos.

Na fase inicial, como forma de conhecer a linha em estudo e todos os processos da mesma, foram realizados vários *brainstormings* com o *Product Leader* e líderes de equipa. Aqui foram detetadas várias ineficiências, a maioria relacionadas com os supermercados da linha: paragens por falta de material, excesso de stock de componentes de baixo consumo e de produto final, supermercados não ergonómicos e elevado tempo de *setup* da máquina CMT. Além disso, realizou-se um VSM de um produto indicado pelo *Product Leader*, de forma a detetar outros problemas que poderiam ser resolvidos com a realização deste projeto. Estes consistiam em esperas na máquina Neo, elevado *lead time* e WIP, e elevado tempo em transportes e procura de ferramentas nas trocas de referência.

Depois de concluída a fase de diagnóstico, abordaram-se os problemas relativos aos supermercados. Desta forma, em primeiro lugar decidiu-se ajustar a estante de entrada de maiores dimensões para que esta se tornasse mais ergonómica, depois o investigador decidiu que estes deveriam estar organizados de forma ergonómica, de modo a facilitar a tarefa de retirada de componentes e colocação de produto final para os colaboradores da linha. Assim, através da equação de NIOSH estudou-se qual o peso limite recomendado nas prateleiras críticas, pesou-se todos os componentes existentes e foram alocados conforme o peso, isto é, os de peso entre dois a seis quilogramas ficaram na prateleira superior, de seis a oito na prateleira inferior e de oito a quinze nas prateleiras intermédias. Assim, com a implementação das propostas supramencionadas conseguiu-se uma redução do nível três para o nível dois pelo método EWA, o que se pode concluir que houve uma melhoria das condições ergonómicas.

Posteriormente, de forma a reduzir as paragens por falta de material e o excesso de componentes de baixo consumo recorreu-se a uma análise ABC por quantidade para dividir os diferentes componentes em classes. Posto isto, junto com o *Product Leader* foi decidido alocar os componentes de classe A na

estante de maiores dimensões, visto ser a estante com maior capacidade para cada referência, já os de classe B e C ficaram alocados nas restantes duas estantes, uma vez que existe tem uma maior capacidade de referências para a alocação. Com esta proposta espera-se uma redução de 1 769,04€/ano em MOD parada por falta de material e uma redução de 2 353€/ano em excesso de *stock* de componentes junto à linha.

Relativamente ao problema de excesso de *stock* de produto final decidiu-se redimensionar ambos os supermercados, de estante e de chão. Para esta medida foi necessário avaliar a procura do cliente, assim como a capacidade da linha e das caixas utilizadas para a colocação do produto. Desta proposta espera-se uma redução em excesso de *stock* de 7 120,36€/ano.

Para os problemas de *setup* decidiu-se aplicar as ferramentas SMED e 5S. A primeira ferramenta consistiu em converter as operações realizadas durante o tempo de *setup* em operações que poderiam ser realizadas com a máquina em funcionamento. Já a segunda ferramenta consistiu em organizar as estantes de ferramentas para as máquinas Neo e 3 Cabeçais, além disto, implementou-se um carrinho para o transporte destas ser realizado no menor tempo e distância possível. Já para a máquina CMT a aplicação dos 5S consistiu em organizar o armário junto à mesma.

Com estas medidas, foi possível uma redução significativa nos *setups* das três máquinas. Na máquina Neo, houve uma redução em 62% no transporte e na distância percorrida, já em relação ao tempo total de *setup* reduziu-se 43% relativamente à fase diagnóstico. Na máquina 3 Cabeçais, houve uma redução de 68% no transporte de ferramentas e de 51% distância percorrida durante a troca de referência, no total foi reduzido 53% do tempo em cada troca de referência. Em ambas as máquinas o processo de procura de ferramentas foi reduzido a 100%, isto é, esta etapa foi eliminada. Relativamente à máquina CMT houve uma redução de 39% no tempo total de troca de referência e 23% nos metros percorridos durante a mesma. E com esta proposta espera-se um aumento da produtividade de 225 peças/semana o que equivale a 2 011,5€/semana.

De forma a reduzir as esperas do colaborador, o investigador decidiu propor a reestruturação do *layout* de forma a criar um fluxo em linha e a reduzir um colaborador na produção do produto em estudo, para que fosse possível reduzir esperas, *lead time* e WIP, visto que a máquina 3 Cabeçais iria fornecer diretamente a máquina Neo. Com esta proposta espera-se reduzir o WIP em 78%, *lead time* em 49%, o valor de MOD em 5 280 €/mês e reduzir as esperas em 100% as esperas por parte do colaborador.

No entanto, foram sentidas algumas limitações devido à pandemia uma vez que houve a suspensão do estágio por 2 meses, e assim dificultou o processo de implementação das propostas e ainda o processo de recolha de dados que era necessário depois das implementações.

Para concluir, além do cumprimento dos objetivos propostos no início desta dissertação, houve também um desenvolvimento a nível pessoal, uma vez que foram desenvolvidas competências como trabalho em equipa, capacidade de diagnosticar ineficiências na linha, propor melhorias para as mesmas, e por fim capacidade de as implementar e observar ganhos a partir destas.

## **7.2 Trabalho futuro**

Para trabalho futuro sugere-se a implementação das propostas sugeridas que não puderam ser implementadas, a reestruturação do *layout* das máquinas Neo e 3 Cabeçais e a implementação do registo de produção proposta nesta dissertação de forma a ser possível calcular o OEE das máquinas e linha.

Aquando da realização do projeto o investigador deparou-se com um elevado número de material que era necessário retrabalhar devido à falha dos pontos de soldadura da CMT, sugere-se então um estudo aprofundado à máquina, de forma a reduzir a frequência de peças produzidas com defeito, como por exemplo a realização de um diagrama de *Ishikawa* de forma a analisar todos os pontos que levam à elevada regularidade de defeitos, para posteriormente se atuar sobre os mesmos.

Também relativo à máquina de soldadura CMT sugere-se a criação de uma estante pertencente à linha 7Y08 para os úteis de controlo que são utilizados nesta máquina, uma vez que durante a realização do estágio, estes encontravam-se desorganizados com falta de identificação ocupando outra linha que de momento é pouco utilizada, sendo que a estante onde se colocava o material não pertence à linha estudada nesta dissertação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afonso, H., & Cabrita, M. D. R. (2015). Developing a lean supply chain performance framework in a SME: A perspective based on the balanced scorecard. *Procedia Engineering*, 131, 270–279. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.389>
- Alves, A. C., Ferreira, A., Maia, L., Leão, C., & Carneiro, P. (2019). A symbiotic relationship between Lean Production and Ergonomics: insights from Industrial Engineering final year projects. *International Journal of Industrial Engineering and Management (IJIEM)*, 10(4), 243–256. <https://doi.org/10.24867/IJIEM-2019-4-244>
- Alves, A. C., Sousa, R. M., & Dinis-Carvalho, J. (2016). Redesign of the production system: A hard decision-making process. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2016-Janua*, 1128–1132. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2015.7385824>
- Alves, Anabela C., Sousa, R. M., Dinis-Carvalho, J., & Moreira, F. (2015). Production systems redesign in a lean context: A matter of sustainability. *FME Transactions*, 43(4), 344–352.
- Amaro, A. P., & Pinto, J. P. (2007). Criação de valor e eliminação de desperdícios. *Qualidade*, 38–44.
- Arezes, P. M., Dinis-Carvalho, J., & Alves, A. C. (2015, August 19). Workplace ergonomics in lean production environments: A literature review. *Work*, Vol. 52, pp. 57–70. <https://doi.org/10.3233/WOR-141941>
- Bell, S. (2005). *Lean Enterprise Systems* (Series, Ed.). Retrieved from <http://doi.wiley.com/10.1002/0471756466>
- Bhat, S. (2008). *Cellular manufacturing - the heart of Lean Manufacturing* (3rd ed.). Advances in Production Engineering & Management.
- Black, J. T., & Hunter, S. (2003). *Lean Manufacturing Systems and Cell Design*. Society of Manufacturing Engineers.
- Bormio, M., Paccola, S., & Silva, J. (2008). A Eficiência do Método EWA na Avaliação do Risco de Acidentes em Mobiliário Escolar: Um estudo de caso. Retrieved February 17, 2020, from [https://www.researchgate.net/publication/282124974\\_A\\_Eficiencia\\_do\\_Metodo\\_EWA\\_na\\_Avaliacao\\_do\\_Risco\\_de\\_Acidentes\\_em\\_Mobiliario\\_Escolar\\_Um\\_estudo\\_de\\_caso](https://www.researchgate.net/publication/282124974_A_Eficiencia_do_Metodo_EWA_na_Avaliacao_do_Risco_de_Acidentes_em_Mobiliario_Escolar_Um_estudo_de_caso)
- Botti, L., Mora, C., & Regattieri, A. (2017). Integrating ergonomics and lean manufacturing principles in a hybrid assembly line. *Computers and Industrial Engineering*, 111, 481–491. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.05.011>
- Bragança, S., Alves, A., Costa, E., & Sousa, R. (2013). The use of lean tools to improve the performance of an elevators company. In *4th Int. Conference on Inegrity, Reliability and Failure*. Guimarães, Portugal.
- Burton, D. C., Sethi, R. K., Wright, A. K., Daniels, A. H., Ames, C. P., Reid, D. B., ... Lenke, L. G. (2019). The Role of Potentially Modifiable Factors in a Standard Work Protocol to Decrease Complications in Adult Spinal Deformity Surgery: A Systematic Review, Part 1. *Spine Deformity*, 7(5), 669–683. <https://doi.org/10.1016/j.jspd.2019.04.003>
- Carvalho Alves, A. (2007). *Projeto de sistemas de produção orientados ao produto*. Escola de Engenharia, Universidade do Minho.
- Coimbra, E. (2013). *Kaizen in Logistics an Supply Chains* (MCGRAW-HIL).
- Coimbra, E. A. (2009). *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains* (K. Institute, Ed.). Kaizen Institute.
- Colquhoun, G. J., Baines, R. H., & Crossly, R. (1996). A composite behavioral modeling approach for manufacturing enterprises. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 9, 463–475.

- Correia, D. M. C. (2018). *Melhoria de uma célula produtiva através da metodologia Lean Six Sigma*. Retrieved from <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/56100>
- Costa, L. (2004). *Análise ergonómica de postos de trabalho*. Universidade do Minho.
- Costa, L., & Arezes, P. M. (2005). *Ergonomia e biomecânica: introdução à elevação manual de cargas*.
- Coughlan, P., & Coughlan, D. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(2), 144–3577. <https://doi.org/10.1108/01443570210417515>
- Coutinho, C. P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J., & Vieira, S. R. (2009). Investigação-ação: metodologia preferencial nas práticas educativas. *Revista Psicologia, Educação e Cultura*.
- Creative safety supply. (2010). In *The 5S users Guide*. Retrieved from [www.CreativeSafetySupply.com](http://www.CreativeSafetySupply.com)
- da Silva, I. B., & Godinho Filho, M. (2019, June 19). Single-minute exchange of die (SMED): a state-of-the-art literature review. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 102, pp. 4289–4307. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03484-w>
- Dias, F. M. S. (2013). *Implementação de ferramentas Lean Production numa empresa do ramo automóvel*. Retrieved from <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/26447>
- Dinis-Carvalho, J., Ferrete, L. F., Sousa, R. M., Medeiros, H. S., Magalhães, A. J., & Ferreira, J. P. (2015). Process mapping improvement: Extending value stream maps with waste identification diagrams. *FME Transactions*, 43(4), 287–294.
- Domingo, R., Alvarez, R., Peña, M. M., & Calvo, R. (2007). Materials flow improvement in a lean assembly line: A case study. *Assembly Automation*, 27(2), 141–147. <https://doi.org/10.1108/01445150710733379>
- Emde, S., & Boysen, N. (2012). Optimally routing and scheduling tow trains for JIT-supply of mixed-model assembly lines. *European Journal of Operational Research*, 217(2), 287–299. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.09.013>
- Emiliani, M. L. (2008). Standardized work for executive leadership. *Leadership and Organization Development Journal*, 29(1), 24–46. <https://doi.org/10.1108/01437730810845289>
- Fonseca, R. (2018). Borgwarner Portugal – Pesquisa Google. Retrieved July 17, 2020, from [https://www.google.com/search?q=borgwarner+viana&tbm=isch&ved=2ahUKewjTl62rgtTqAhWU5RoKHavWCJUQ2cCegQIABAA&oq=borgwarner+viana&gs\\_lcp=CgNpbWcQAzICCAAYBAGAEbG6BAgjECc6BAGAEEM6BAGAEb46BggAEAgQHIDglFj6JmDaJ2gAcAB4AIABY4gB\\_wOSAQE2mAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWfAAQE&sclient=img&ei=YnURX9PeMpTLa6uto6gJ&bih=625&biw=1366#imgrc=URYgModYNrzBwM](https://www.google.com/search?q=borgwarner+viana&tbm=isch&ved=2ahUKewjTl62rgtTqAhWU5RoKHavWCJUQ2cCegQIABAA&oq=borgwarner+viana&gs_lcp=CgNpbWcQAzICCAAYBAGAEbG6BAgjECc6BAGAEEM6BAGAEb46BggAEAgQHIDglFj6JmDaJ2gAcAB4AIABY4gB_wOSAQE2mAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWfAAQE&sclient=img&ei=YnURX9PeMpTLa6uto6gJ&bih=625&biw=1366#imgrc=URYgModYNrzBwM)
- Gal, L., Mortoiu, D., Tanasoiu, B., Tanasoiu, A., & Muller, V. (2019). Considerations on Optimizing Technological Process for Production of Low Voltage Automotive Cables. In *Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 76, pp. 173–180). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-18072-0\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-030-18072-0_20)
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 17, pp. 46–64. <https://doi.org/10.1108/01443579710157989>
- Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, M., & Espinosa, M. del M. (2015). 5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school. *Safety Science*, 78, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.022>
- Kester, J. (2013). A lean look at ergonomics. *Industrial Engineer*, 45(3), 28–32.
- Khamis, N., Rahman, M. N. A., Jamaludin, K. R., Ismail, A. R., Ghani, J. A., & Zulkifli, R. (2009). Development of 5S Practice Checklist for Manufacturing Industry. In *Proceedings of the World Congress on Engineering* (Vol. 2009).
- Kilic, H. S., Durmusoglu, M. B., & Baskak, M. (2012). Classification and modeling for in-plant milk-run distribution systems. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 62(9–12), 1135–1146. <https://doi.org/10.1007/s00170-011-3875-4>

- Kumar, V. (2010). JIT based quality management: concepts and implications in Indian context. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2, 40–50.
- Lanke, A., Ghodrati, B., & Lundberg, J. (2016). Production improvement techniques in process industries for adoption in mining: A comparative study. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 19(3), 366–386. <https://doi.org/10.1504/IJPQM.2016.079781>
- Leming-Lee, T. S., Polancich, S., & Pilon, B. (2019, March 1). The Application of the Toyota Production System LEAN 5S Methodology in the Operating Room Setting. *Nursing Clinics of North America*, Vol. 54, pp. 53–79. <https://doi.org/10.1016/j.cnur.2018.10.008>
- Liker, J. K. (1997). *Becoming Lean: inside stories of U.S manufacturers*. Portland: Productivity Press.
- Liker, Jeffrey K., & Morgan, J. (2011). Lean product development as a system: A case study of body and stamping development at ford. *EMJ - Engineering Management Journal*, 23(1), 16–28. <https://doi.org/10.1080/10429247.2011.11431884>
- Liker, Jeffrey K., & Morgan, J. M. (2006). The toyota way in services: The case of lean product development. *Academy of Management Perspectives*, Vol. 20, pp. 5–20. <https://doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002>
- Liker, K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Lloyd, C., & James, S. (2008). Too much pressure? Retailer power and occupational health and safety in the food processing industry. *Work, Employment and Society*, 22(4), 713–730. <https://doi.org/10.1177/0950017008098366>
- Maia, J., & Verissimo, M. (2011). Teoria da vinculação: O salto do comportamento para o nível da representação. *Psicologia, Educação e Cultura*, 380–393.
- Marodin, G. A., Frank, A. G., Tortorella, G. L., & Fetterman, D. C. (2019). Lean production and operational performance in the Brazilian automotive supply chain. *Total Quality Management and Business Excellence*, 30(3–4), 370–385. <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1308221>
- McKeown, C. (2008). A Guide to Human Factors and Ergonomics. *Ergonomics*, 51(6), 949–951. <https://doi.org/10.1080/00140130701680379>
- Mei, H., Jingshuai, Y., Teng, M., Xiuli, L., & Ting, W. (2017). The Modeling of Milk-run Vehicle Routing Problem Based on Improved C-W Algorithm that Joined Time Window. *Transportation Research Procedia*, 25, 716–728. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.453>
- Melo, T., Alves, A. C., Lopes, I., & Colim, A. (2019). *Reducing 3M by improved layouts and ergonomic intervention in a Lean journey in a cork company*. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-41486-3\\_58](https://doi.org/10.1007/978-3-030-41486-3_58)
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just in Time* (3<sup>o</sup> edition). New York.
- Muchiri, P., & Pintelon, I. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE). *International Journal of Production Research*, 3517–3535.
- Nitu, E. L., & Gavriluta, A. C. (2019). *Lean Learning Factory at the University of Pitesti*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/591/1/012095>
- O'Brien, R. (1998). Overview of Action Research Methodology. Retrieved December 18, 2019, from <http://www.web.ca/~robrien/papers/arfinal.html>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press, Portland, Oregon.
- Ortiz, C. (2006). *All-out kaizen: a continuous improvement plan delivers change to the production floor ... and dollars to the bottom line*. Industrial Engineer.

- Phillips, E. (1997). *Manufacturing Plant Layout: Fundamentals and Fine Points of Optimum Facility Design* (1<sup>o</sup> ed). Society of Manufacturing Engineers.
- Pienkowski, M. (2014). *Waste Measurement Techniques For Lean Companies*. Wrocław.
- Pinto, P. J. (2008). Lean Thinking- Introdução ao pensamento magro. In *Comunidade Lean Thinking* (pp. 159–163). <https://doi.org/10.1002/9780470759660.ch27>
- Rahman, N. A. A., Sharif, S. M., & Esa, M. M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7, 174–180. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(13\)00232-3](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(13)00232-3)
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: value stream mapping to add value and eliminate muda*. Lean Enterprise Institute.
- Russkikh, P. A., Alikin, N. N., & Kapulin, D. V. (2019). Value stream mapping method for development of a dynamic model of capacity utilization. *Journal of Physics: Conference Series*, 1353(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1353/1/012111>
- Santos, Z. G. dos, Vieira, L., & Balbinotti, G. (2015). Lean Manufacturing and Ergonomic Working Conditions in the Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 3, 5947–5954. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.687>
- Sezen, B., & Erdogan, S. (2009). Lean Philosophy in Strategic Supply Chain Management and Value Creating. *Journal of Global Strategic Management*, 3, 68–73. <https://doi.org/10.20460/JGSM.2009318475>
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System* (Produtivité).
- Shingo, S. (1989). *A study of the Toyota Production System*. Cambridge: Productivity Press.
- Smith, R. T. (2003). Growing an ergonomics culture in manufacturing. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, ParteB: Journal of Engineering Manufacture*.
- Soliman, M., & Saurin, T. A. (2017, October 1). Lean production in complex socio-technical systems: A systematic literature review. *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 45, pp. 135–148. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2017.09.002>
- Stuglik, J., Gródek-Szostak, Z., & Kajrunajtys, D. (2019). The use of the SMED method in improvement of production enterprises. *E3S Web of Conferences*, 132. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913201022>
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 6, 553–564.
- Surendra, M. G., Yousef, A. Y., & Ronal, F. P. (1999). Flexible Kanban System. *International Journal of Operations and Production Management*, 19, 1065–1093.
- Tommelein, I. D., & Li, A. E. Y. (1999). Just-in-Time concrete delivery: mapping alternatives for vertical supply chain integration. *Proceedings of the 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction- IGL 7*.
- Valenzuela, F., Estocalenko, J., Rojas, J., & Raymundo, C. (2019). Lean service quality model to improve the performance of service in automotive dealer. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1018, 917–923. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-25629-6\\_143](https://doi.org/10.1007/978-3-030-25629-6_143)
- Veres, C., Marian, L., Moica, S., & Al-Akel, K. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing*, 22, 900–905. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.127>
- Vicente, S., Carvalho, M., Alves, A., & Araújo, R. (2015). *Lean Logistic to improve Ship-To-Line strategy in an electronic components automotive company*. Guimarães, Portugal.
- Wang, S. S., Chiou, C. C., & Luong, H. T. (2019). Application of SMED Methodology and Scheduling in High-Mix Low Volume Production Model to Reduce Setup Time: A Case of S Company. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 598(1). [102](https://doi.org/10.1088/1757-</a></p>
</div>
<div data-bbox=)



899X/598/1/012058

- Water, T., Putz-Anderson, V., & Garg, A. (1994). *Quick Guide for the NIOSH lifting equation*. DHHS (NIOSH) Publication.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. New York: Rawson Associates.
- Wronka, A. (2017). Lean Logistics. *Journal of Positive Management*, 7(2), 55. <https://doi.org/10.12775/jpm.2016.012>

## ANEXOS

## ANEXO 1 – DADOS ANTROPOMÉTRICOS

Tabela 27 - Dados antropométricos da população portuguesa adulta

Tabela UMINHO - dados antropométricos população portuguesa adulta								
Dimensão antropométrica	População masculina				População feminina			
	5	50	95	dp	5	50	95	dp
1. Altura de pé	1565	1690	1815	76	1456	1565	1674	66
2. Altura dos olhos (rel. ao solo)	1463	1585	1707	74	1355	1465	1575	67
3. Altura do ombro (rel. ao solo)	1277	1395	1513	72	1181	1290	1399	66
4. Altura do cotovelo (rel. ao solo)	966	1050	1134	51	889	965	1041	46
5. Altura do punho (rel. ao solo)	664	735	806	43	619	685	751	40
6. Altura sentado (rel. ao assento)	818	920	1022	62	799	865	931	40
7. Distância olhos-assento	716	810	904	57	696	760	824	39
8. Distância ombro-assento	576	630	684	33	496	590	684	57
9. Distância cotovelo-assento	206	255	304	30	191	250	309	36
10. Espessura da coxa	134	180	226	28	124	165	206	25
11. Comprimento máximo da coxa	518	590	662	44	517	570	623	32
12. Distância coxa-poplíteo	419	485	551	40	421	470	519	30
13. Altura do joelho (rel. ao solo)	459	525	591	40	434	480	526	28
14. Altura do poplíteo (rel. ao solo)	347	400	453	32	327	365	403	23
15. Largura dos ombros (bideltóide)	426	475	524	30	379	445	511	40
16. Largura dos ombros (biacromial)	299	335	371	22	251	300	349	30
17. Largura das ancas	341	380	419	24	342	400	458	35
18. Espessura do peito (busto)	221	265	309	27	226	275	324	30
19. Espessura abdominal	204	260	316	34	201	260	319	36
20. Distância cotovelo-punho	320	350	380	18	292	320	348	17
21. Alcance funcional vertical (de pé)	1875	2030	2185	94	1719	1860	2001	86
22. Alcance funcional vertical (sentado)	1117	1250	1383	81	1071	1165	1259	57
23. Alcance funcional anterior	628	730	832	62	621	675	729	33
24. Altura lombar (rel. ao assento)	166	215	264	30	174	220	266	28
25. Peso (Kg)	57	75	93	11	49	65	81	10

## ANEXO 2 – MULTIPLICADOR DA PEGA

*Tabela 28 - Multiplicador da pega*

Qualidade da pega	V < 75 cm	V ≥ 75 cm
Boa	1,00	1,00
Aceitável	0,95	1,00
Má	0,90	0,90

## ANEXO 3 – MULTIPLICADOR DE FREQUÊNCIA

Tabela 29 - Multiplicador de frequência

Frequência (elev./min)	Duração do período com tarefas de elevação					
	< 1 hora		1-2 horas		2-8 horas	
	V< 75	V≥ 75	V< 75	V≥ 75	V<75	V≥ 75
0,2 <sup>(1)</sup>	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
> 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

## ANEXO 4 - PROCURA DIÁRIA E SEMANAL

Tabela 30 - Procura diária e semanal dos produtos

Referência	Procura diária					Procura/semana
	2°	3°	4°	5°	6°	
E387002XXXXXX	750	750	750	750	550	3550
E126003XXXXXX	1400	1400	1400	1400	1300	6900
E126003XXXXXX	200	200	200	200	200	1000
E173000XXXXXX	0	0	280	0	0	280
E387005XXXXXX	0	0	100	0	0	100
E387004XXXXXX	0	120	0	0	0	120
E387004XXXXXX	0	120	0	0	0	120
E387003XXXXXX	1400	1400	1400	1400	1300	5500
E111003XXXXXX	130	0	0	0	0	130
E149004XXXXXX	130	0	0	0	0	130
E111000XXXX	0	0	280	0	0	280
E387004XXXXXX	0	0	100	0	0	100
E131002XXXXXX	750	750	750	750	550	3550
E103001XXXXXX	1200	1200	1200	1200	1200	6000
E126000XXXX	0	350	350	0	0	700
E126003XXXXXX	0	120	0	0	0	120
E126004XXXXXX	1400	1400	1400	1400	1300	6900
E114003XXXXXX	400	400	300	0	0	1100
E387002XXXXXX	400	400	300	0	0	1100
E387001XXXXXX	0	0	400	0	0	400
E131001XXXXXX	0	0	400	0	0	400
E173000XXXX	0	100	100	160	0	360
E126003XXXXXX	400	400	400	400	400	2000
E387003XXXXXX	400	400	400	400	400	2000
E387003XXXXXX	350	350	350	350	350	1750
E387003XXXXXX	350	350	350	350	350	1750
E114003XXXXXX	350	350	350	350	350	1750
E131003XXXXXX	400	400	400	400	400	2000
E131003XXXXXX	400	400	400	400	400	2000
E149004XXXXXX	400	400	400	400	400	2000
E159001XXXXXX	0	0	40	0	0	40
E387001XXXXXX	0	0	40	0	0	40
E387004XXXXXX	0	600	400	0	0	1000
E387004XXXXXX	0	600	400	0	0	1000
E103004XXXXXX	0	600	400	0	0	1000
E387004XXXXXX	0	0	400	0	0	400
E101000XXXXXX	300	300	300	0	0	900

## APÊNDICES

## APÊNDICE 1 – SUBCONJUNTOS PRODUZIDOS NA LINHA E RESPETIVOS COMPONENTES

Tabela 31 - Subconjuntos produzidos na linha e respetivos componentes

Componente	Descrição	Subconjunto	Descrição
E126003XXXXXX	Carcaça	E126003XXXXXX	Carcaça
E126003XXXXXX	Carcaça 48x42.5 TH1.5	E126003XXXXXX	Carcaça
E126003XXXXXX	Carcaça Ø45 TH1 L214	E126003XXXXXX	Carcaça
E126003XXXXXX	Carcaça Ø45 TH1 L184	E126003XXXXXX	Carcaça
E387001XXXXXX	Gás Box	E387001XXXXXX	Subconjunto EGR <i>Inlet</i>
E173002XXXXXX	<i>Flange</i> Ø32.4 x 8		
E114001XXXXXX	Tubo Ø30.8 x 0.4		
E114001XXXXXX	Tubo Ø30.8 x 0.4	E114001XXXXXX	Tubo EGR <i>Inlet</i>
E114002XXXXXX	Tubo Ø30,8	E114002XXXXXX	Tubo Outlet
E114002XXXXXX	Tubo rolado	E114002XXXXXX	Furar Tubo Ø38
E114003XXXXXX	Tubo Ø38 x 1 L50	E114002XXXXXX	Tubo rolado
E126000XXXX	Carcaça	E126000XXXX	Carcaça
E126000XXXX	Carcaça	E126000XXXX	Carcaça Pequena
E126000XXXX	Carcaça	E126000XXXX	Carcaça Grande
E126002XXXXXX	Carcaça 85.2x54.8 TH1.5	E126002XXXXXX	Carcaça
E114004XXXXXX	Carcaça 37.8 x 32 L199	E126004XXXXXX	Carcaça Série
E114002XXXXXX	Tubo	E162002XXXXXX	Tubo Curvado furado
E114002XXXXXX	Tubo Ø30.8 x 0.4	E114002XXXXXX	Tubo furado <i>Outlet</i>
E126002XXXXXX	OUTCS 82.2X51.8X1.5	E126002XXXXXX	Carcaça
E159002XXXXXX	Filtro <i>Shield</i> (Suporte)	E103001XXXXXX	Subconjunto Filtro
E159003XXXXXX	Filtro <i>Shield</i> INNER		
E103002XXXXXX	Filtro Ø89		
E159004XXXXXX	Filtro <i>Shield</i>	E103004XXXXXX	Subconjunto Filtro
E103004XXXXXX	Filtro		
E159004XXXXXX	Filtro <i>Shield</i> (Suporte)		
E173003XXXXXX	<i>Flange</i> quadrada TH6	E173004XXXXXX	<i>Flange</i> quadrada ASY HS (2.2, 2.9, 3.6i)
E173003XXXXXX	<i>Flange</i> quadrada TH2		
E173003XXXXXX	<i>Flange</i> quadrada TH6	E173004XXXXXX	<i>Flange</i> quadrada ASY HS (3.6a)
E173003XXXXXX	<i>Flange</i> quadrada TH2		
E387004XXXXXX	Gas Box Stamped <i>Lower</i>	E387004XXXXXX	Subconjunto gas box
E387004XXXXXX	Gas box + <i>flange</i>		
E131002XXXXXX	<i>Spigot</i> Ø38 x 1	E387002XXXXXX	Gas Box Assy
E113002XXXXXX	<i>Bushing</i> M12 x OD22		
E387002XXXXXX	Semi Gas Box CAP		
E387002XXXXXX	Semi Gas Box		
E126004XXXXXX	Deflector + carcaça	E126003XXXXXX	<i>Outer Housing</i> ASY
E173003XXXXXX	<i>Flange</i>		
E173003XXXXXX	<i>Flange</i>		
E126003XXXXXX	<i>Outer Case</i>	E387004XXXXXX	Subconjunto gas box
E387004XXXXXX	Gas Box Stamped Lower		
E387004XXXXXX	<i>Flange</i>		
E129000XXXX	ED43 - Bulón esférico	E111000XXXX	Subconjunto Manivela & Bulón
E111000XXXX	ED40 - Manivela válvula		
E129000XXXX	ED43 - Bulón esférico	E111003XXXXXX	Subconjunto Manivela & Bulón
E111003XXXXXX	LEVER THK 3		
E149003XXXXXX	<i>Bracket</i> Thck. 3mm	E149004XXXXXX	Patilha + casquilho
E113003XXXXXX	<i>Bush</i> IØ8 - L10		
E113000XXXX	Bypass <i>Bushing</i>	E149004XXXXXX	Bracket + Bush
E149003XXXXXX	BRACKET		
E389000XXXXXX	<i>Inlet baffle</i> (plane)	E173000XXXXXX	Subconjunto Brida
E173000XXXX	Manifold-Flange		
E387003XXXXXX	GASBOX	E387004XXXXXX	Cravado de <i>Elbow</i> e tubo difusor
E114003XXXXXX	Tubo Ø25.4 x 0.5 L56.9		
E387003XXXXXX	Gas Box Ø47 x Ø27.4 L30.4	E387004XXXXXX	Cravação <i>Flange</i> + campana
E173003XXXXXX	<i>Flange</i> Ø27.4 x Ø9 -67-		
E126002XXXXXX	OUTCS 82.2X51.8X1.5 L174	E126002XXXXXX	Solda placa intermédia



E140001XXXX	Spacer- Isolator		
E126002XXXXXX	Carcaça furada e calibrada	E126002XXXXXX	Outercase assembly
E140002XXXXXX	Spacer Plate		
E126000XXXX	EGR Cooler Outer Housing	E126000XXXX	Solda placa intermédia Pequena
E140000XXXX	Spacer Plate		
E126000XXXX	EGR Cooler Outer Housing	E999000XXXX	Solda placa intermédia Grande
E140000XXXX	Placa separadora Inox		
E387004XXXXXX	Gas Box	E387005XXXXXX	Flange + Decoupler
E173004XXXXXX	Flange 39.8x34		
E387004XXXXXX	GASBOX	E387004XXXXXX	Flange + gas box
E173004XXXXXX	Flange Ø22x6-42.5-		
E131002XXXXXX	Spigot Ø18x1	E131002XXXXXX	Spigot ASSY Tubo+ Bush
E113002XXXXXX	Bushing ID16 x OD22.3		
E387001XXXXXX	Gas Box	E387001XXXXXX	Cravado de casquilho à campânula
E113001XXXXXX	Bushing Ø33.64xØ43.24 L22		
E387000XXXX	Gas Box	E101000XXXXXX	Subconjunto Gás Box
E113000XXXX	Bush Ø53 x 2		
E387002XXXXXX	Gas Box	E387002XXXXXX	Subconjunto Gas box Outlet
E114003XXXXXX	Tubo Ø38 + casquilho M10		
E126003XXXXXX	Outer Housing CAP Overlap 31 TH1 L126	E126004XXXXXX	Outer Housing ASY
E389004XXXXXX	Spacer		
E159001XXXXXX	Shield	E159001XXXXXX	Cravado de casquilho à campânula
E159001XXXXXX	Shield		
E159001XXXXXX	Proteção Bell	E159001XXXXXX	Cravado proteção bell a casquilho
E159001XXXXXX	Casquilho		
E387003XXXXXX	Gas Box 82x58.5	E387003XXXXXX	Gas Box Assembly
E114003XXXXXX	Tubo Ø38 x 0.6 L220		
E114003XXXXXX	Tubo Ø38x0.6	E114003XXXXXX	Cravar flange no tubo
E173003XXXXXX	Flange Ø38x6 -60-		
E113003XXXXXX	Bushing M14x OD22 x L22	E387003XXXXXX	Subconjunto Inlet gas box + casquilho
E387003XXXXXX	Gas Box 82x58.5		
E387001XXXXXX	Gas Box	E387001XXXXXX	Subconjunto Outlet
E173001XXXXXX	Flange Ø35 x 6		
E387000XXXX	Gas Box 83.42x42.4x1.2	E387000XXXX	Subconjunto saída soldado
E187000XXXX	Difusor para tubo Ø32		
E114000XXXX	Tubo 32x1 AISI316L L52.5		
E114002XXXXXX	Tubo Ø38 x 1 L50	E114003XXXXXX	Tubo d38 com casquilho M10
E113002XXXXXX	Bush M10 x 1.25 L9		
E173003XXXXXX	Flange Ø25.4x6 -39- (2xM6)	E387003XXXXXX	Gas Box ASY
E387003XXXXXX	Gas Box 44 x 33 TH1		
E131003XXXXXX	Spigot Assembly Ø16+Ø10	E131003XXXXXX	Spigot ASSY Conificado
E131003XXXXXX	Spigot Assembly Ø16+Ø10	E131003XXXXXX	Spigot ASSY Conificado
E131002XXXXXX	Spigot Ø14 x 1	E131001XXXXXX	Subconjunto spigot
E131001XXXXXX	Spigot I.D 12		
E389000XXXX	Baffle Ø67x2 (39 HOLES Ø6.45)	E389000XXXX	Flange e baffle Escape
E173000XXXX	Flange Ø67.05 x 10 -87		
E389000XXXX	Baffle Ø67x2	E389000XXXX	Flange e baffle Válvula
E173000XXXX	Flange Ø67.05 x 10 -87 -		
E389000XXXX	Baffle	E173000XXXX	Subconjunto Flange & Baffle
E173000XXXX	Flange OUTERCASE		
E387004XXXXXX	Gas Box Stamped Upper TH3	E387004XXXXXX	Subconjunto gas box Volvo VEP
E173004XXXXXX	Flange Ø30.8 X 6 -NA-		
E387003XXXXXX	Gas Box 82x58.5	E387003XXXXXX	Gas Box + Spigot Assembly
E131003XXXXXX	Spigot Ø8x1		
E387004XXXXXX	Gas Box Stamped upper	E387004XXXXXX	Gas Box ASY Stamped
E173003XXXXXX	Flange Ø30.8 x 6		

## APÊNDICE 2 – ESTUDO DOS TEMPOS PARA O VALOR DO TEMPO DE CICLO E TEMPO DE *SETUP*

A técnica estudo dos tempos é uma técnica que engloba o registo de tempos, com o intuito de analisar os dados recolhidos, de modo a perceber se o número de registos é suficiente. É necessário determinado número de registos, uma vez que podem existir diversos fatores que podem afetar o tempo cronometrado, nomeadamente: os movimentos e ritmo do operador, as posições e condições das peças em que se trabalha, as posições dos utensílios ou ferramentas e erros na cronometragem (Arezes et al., 2015).

O número de observações pode ser calculado através da equação seguinte:

$$N' = \left( \frac{Z \times s}{\varepsilon \times m} \right)^2$$

*Equação 6 - Cálculo do número de observações*

Em que:

N' = Número de observações;

Z = Valor da tabela da distribuição normal;

s = Desvio padrão da amostra;

$\varepsilon$  = Precisão;

m = Média da amostra.

De salientar, que o número de observações N' deve ser inferior ao número de observações previamente realizadas, para que o este último valor seja suficiente. Caso contrário (N > N'), devem-se efetuar mais observações.

Inicialmente foram realizadas 24 observações dos tempos de ciclo para a máquina Neo e 3 Cabeçais.

Os valores obtidos encontram-se na tabela abaixo.

*Tabela 32 - Observações do tempo de ciclo*

Máquina Neo		Máquina 3 Cabeçais		Bancada de controlo	
Observação	Tempo (seg)	Observação	Tempo (seg)	Observação	Tempo (seg)
1	26,71	1	17,06	1	20
2	28	2	12,77	2	18
3	27	3	13,5	3	18
4	26,77	4	13,7	4	17
5	25,86	5	16	5	23
6	26,25	6	13,84	6	21
7	25	7	14	7	18
8	24,79	8	16	8	21
9	25,69	9	12,5	9	25
10	24,11	10	12,9	10	20
11	24,13	11	13	11	17
12	26,89	12	12,9	12	18
13	29	13	12,36	13	22

14	27	14	14,2	14	22
15	23,72	15	12,76	15	20
16	30,25	16	13	16	18
17	30	17	13,47	17	19
18	28	18	15	18	20
19	23	19	13,91	19	20
20	26,47	20	13	20	23
21	26,5	21	14	21	25
22	26	22	13,3	22	23
23	25,86	23	13	23	23
24	23,72	24	12,04	24	27
m	26,189	m	13,675	m	20,75
s	1,9111	s	1,2384	s	2,72269

Para este estudo foi considerado um nível de confiança de 95% e um valor da precisão de  $\pm 5\%$ . Posto isto, recorreu-se à tabela da distribuição normal para determinar o valor de Z tendo em conta os últimos parâmetros mencionados, tendo-se obtido o valor de 1,96.

Posto isto foi feito o cálculo do valor de  $N'$ , assim como a respetiva análise, tendo-se obtido os valores apresentados na tabela seguinte:

Tabela 33 - Cálculo do valor de  $N'$  e análise

Máquina	Valor de $N'$	Análise do valor de $N'$
Neo	$N' = \left( \frac{1,96 \times 1,9111}{0,05 \times 26,186} \right)^2 = 8,183$	$N' < N$ , logo o número de observações efetuadas é suficiente.
3 Cabeçais	$N' = \left( \frac{1,96 \times 1,12384}{0,05 \times 13,675} \right)^2 = 12,6$	$N' < N$ , logo o número de observações efetuadas é suficiente.
Bancada	$N' = \left( \frac{1,96 \times 2,72269}{0,05 \times 20,75} \right)^2 = 26,5$	$N' > N$ , logo o número de observações efetuadas não é suficiente

Depois de analisados todos os valores de  $N'$ , viu-se que era necessário fazer mais observações do tempo de ciclo da bancada. Posto isto, foram retirados os tempos que se encontram na tabela seguinte:

Tabela 34 - Observações do tempo de ciclo da bancada

Observação	25	26	27	28	m	s	$N'$
Tempo	21	25	26	23	21,1786	2,82913	27,421

Posto isto, concluiu-se que as 28 observações eram suficientes.

Posteriormente, recorreu-se ao mesmo estudo para avaliar o número de observações para os tempos de *setup*.

Na Tabela 35 são apresentadas as observações realizadas para cada máquina e bancada.

Tabela 35 - Tempos de *setup* das máquinas e bancada

Máquina Neo		Máquina 3 Cabeçais		Bancada de controlo	
Observação	Tempo (min,seg)	Observação	Tempo (min,seg)	Observação	Tempo (seg)
1	8,00	1	6,22	1	30
2	6,5	2	5,55	2	28
3	7,28	3	5,59	3	31
4	7,25	4	6,3	4	32
5	6,52	5	6,05	5	29
6	7,01	6	5,47	6	28
7	6,45	7	6,35	m	29,6667
8	7,45	8	6,12	s	1,63299
9	7,15	9	6,32		

<b>10</b>	7,29	<b>10</b>	6,15
<b>m</b>	7,09	<b>m</b>	6,012
<b>s</b>	0,51327	<b>s</b>	0,34201

Para este estudo foi considerado um nível de confiança de 95% e um valor da precisão de  $\pm 5\%$ . Posto isto, recorreu-se à tabela da distribuição normal para determinar o valor de Z tendo em conta os últimos parâmetros mencionados, tendo-se obtido o valor de 1,96.

Posto isto foi feito o cálculo do valor de  $N'$ , assim como a respetiva análise, tendo-se obtido os valores apresentados na tabela seguinte:

*Tabela 36- Cálculo do valor de  $N'$  e análise*

<b>Máquina</b>	<b>Valor de <math>N'</math></b>	<b>Análise do valor de <math>N'</math></b>
<b>Neo</b>	$N' = \left( \frac{1,96 \times 0,51327}{0,05 \times 0,51327} \right)^2 = 8,05$	$N' < N$ , logo o número de observações efetuadas é suficiente.
<b>3 Cabeçais</b>	$N' = \left( \frac{1,96 \times 0,34201}{0,05 \times 6,01} \right)^2 = 4,97$	$N' < N$ , logo o número de observações efetuadas é suficiente.
<b>Bancada</b>	$N' = \left( \frac{1,96 \times 1,63299}{0,05 \times 29,6667} \right)^2 = 4,656$	$N' < N$ , logo o número de observações efetuadas é suficiente.

### APÊNDICE 3 - TABELA DE ESTUDO DAS ETAPAS DE *SETUP* DA MÁQUINA 3 CABEÇAIS E NEO

Tabela 37 – Tabela de estudo das etapas de setup da máquina 3 cabeçais

		Peça: Subconjunto gás box+ casquilho Operação: Troca de referência	Máquina: 3 Cabeçais Operador: David
Tempo (seg)	Distância (m)	Homem	Máquina
13	5,4	Arrumar um componente	Espera
15	6,3	Arrumar 2º componente	
3	0	Colocar máquina em modo manual	
4	0	Desapertar parafuso superior	
4	0	Desapertar parafuso inferior	
5	0	Retirar os parafusos dos cabeçais	
4	0	Tira 1º cabeçal	
4	0	Tira 3º cabeçal	
15	9	Leva cabeçais para a estante	
30	0	Coloca no sitio e procura novos	
14	9	Volta ao posto	
6	0	Pousa o material 1 de cada vez	
5	0	Retirar mordaza inferior	
5	0	Retirar mordaza superior	
13	7,2	Leva mordazas para a estante	
30	0	Coloca no sitio e procura novas	
14	7,2	Volta ao posto	
2	0	Pousa o material 1 de cada vez	
6	0	Coloca mordaza superior	
7	0	Coloca mordaza inferior	
4	0	Aperta parafuso inferior	
4	0	Aperta parafuso superior	
9	0	Coloca 1º cabeçal	
7	0	Coloca 3º cabeçal	
8	0	Coloca parafusos nos cabeçais	
7	4,5	Coloca caixa de produto final no supermercado	
2	0	Retirar útil de controlo	
5	6	Levar à estante	
2	0	Pegar no útil novo	
5	6	Levar à bancada	
2	0	Colocar na bancada	
13	6,3	Buscar componente 1	
15	7,2	Buscar componente 2	
10	0	Selecionar referência no painel de controlo	
60	0	Troca de gamas	
20	0	Produzir 1º peça e controlo	Trabalha
372	74.1		

Tabela 38 – Tabela de estudo das etapas de setup da máquina Neo

		Peça: Subconjunto flange + tubo; Subconjunto final Operação: Troca de referência	Máquina: Neo Operador: David
Tempo (seg)	Distância (m)	Homem	Máquina
7	3,6	Arrumar um componente	Espera
9	5,4	Arrumar 2º componente	
13	7,2	Arrumar produto final	
20	11,7	Buscar a chave	
2	0	Coloca painel de controlo em manual	
9	0	Desapertar parafuso superior	
9	0	Desapertar parafuso inferior	
2	0	Retirar parafuso do cabeçal 3	
1	0	Retirar cabeçal 3	
2	0	Retirar mordaza superior	
3	0	Retirar parafusos do cabeçal 1	

2	0	Retirar cabeçal 1	
12	7,2	Leva a mordada superior e 1 cabeçal	
30	0	Coloca no sitio e procura novo cabeçal e mordada	
13	8,1	Traz novos cabeçais	
2	0	Pousa à beira da máquina	
4	0	Retira Mordada inferior	
13	8,1	Leva mordada inferior e cabeçal	
30	0	Coloca no sitio e procura novo cabeçal e mordada	
13	8.1	Traz nova mordada inferior	
2	0	Pousa à beira da máquina	
14	9,9	Vai buscar nova mordada superior	
20	0	Procura mordada superior	
14	9,9	Volta ao posto	
4	0	Coloca mordada superior	
4	0	Coloca mordada inferior	
8	0	Aperta parafuso superior	
8	0	Aperta parafuso inferior	
6	0	Coloca 1º cabeçal e respetivo parafuso	
6	0	Coloca 2º cabeçal e respetivo parafuso	
15	5.4	Retira ferramenta de controlo e leva	
15	5,4	Traz nova ferramenta de controlo e coloca	
9	3.6	Buscar um componente	
9	3.6	Buscar 2º componente	
10	0	Selecionar no painel de referência	
60	0	Troca de gamas	
48	0	Produzir a 1º peça e controlo	Trabalha
<b>448</b>	<b>97,2</b>		

## APÊNDICE 4 - DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA DA MÁQUINA NEO

Diagrama de Sequência-Executante / Material / Equipamento					BorgWarner			
Diagrama nº: 1	Folha nº: 1	Resumo						
Produto: Subconjunto final		Atividades	Atual	Proposto	Ganho			
Medida:		Operação ○	1					
Artigo nº:		Transporte ⇒	7					
Atividade: Montagem de subconjuntos		Controlo □	0					
		Espera ◻	18					
Localização: Linha 7Y08		Armazenagem ▽	0					
	Total							
Operadores:		Distância (m)	0					
Método: Atual / Prepeste		Tempo (s)	26					
Diagrama por: Ana Fiúza	Data: 13/01/2020	Custo						
Aprovado por:		Mão-de-obra						
		Material						
		Total						
Descrição	Distância (m)	Tempo (s)	Símbolos					Obs.
			○	⇒	□	◻	▽	
1ª Coloca subconjunto gás box+ casquilho		2		●				
2ª Tira subconjunto anterior		1		●				
3ª Coloca subconjunto tubo + flange		1		●				
4ª Clica em iniciar		1	●					
6ª Coloca subconjunto anterior na bancada		1		●				
7ª Pegar nos subconjuntos		2		●				
8ª Aguarda enquanto a máquina faz a operação		18				●		

Figura 69 - Diagrama de Sequência da máquina Neo

## APÊNDICE 5 – ESTUDO DOS TEMPOS PARA O VALOR DO TEMPO DE *SETUP* /TABELA DAS ETAPAS DE *SETUP* DA MÁQUINA CMT

Tabela 39 - Observações dos tempos de setup da máquina CMT

Máquina CMT	
Observação	Tempo (min,seg)
1	25,29
2	26,00
3	24,57
4	25,00
5	25,58
m	25,288
s	0,545591

Tabela 40 - Cálculo do valor de  $N'$  e análise

Máquina	Valor de $N'$	Análise do valor de $N'$
CMT	$N' = \left( \frac{1,96 \times 0,545}{0,05 \times 25,288} \right)^2 = 0,7153$	$N' < N$ , logo o número de observações efetuadas é suficiente.

Tabela 41 – Tabela de estudo das etapas de setup da máquina CMT

		Peça: E126003XXXXX Operação: Troca de referência	Máquina: CMT Operador: Bruno
Tempo (s)	Distância (m)	Homem	Máquina
4	0,9	Arrumar o produto final	Espera
10	3,6	Buscar chaves para desapertar	
10	0	Ver qual a chave correta	
35	0	Desapertar parafusos do posto 3	
48	0	Desapertar parafusos do posto 2	
26	0	Desapertar parafusos do posto 1	
4	0	Desconetar ficha <i>Harling</i> 1	
4	0	Desconetar ficha <i>Harling</i> 2	
4	0	Desconetar ficha <i>Harling</i> 3	
15	5,4	Buscar o carrinho	
3	0	Retirar ferramenta do posto 3	
3	1,8	Levar ao carrinho	
5	0	Deixa no carrinho	
3	1,8	Volta ao posto	
3	0	Retirar ferramenta do posto 2	
3	1,8	Levar ao carrinho	
5	0	Deixa no carrinho	
3	1,8	Volta ao posto	
3	0	Retirar ferramenta do posto 1	
3	1,8	Levar ao carrinho	
5	0	Deixa no carrinho	
20	5,4	Levar o carrinho	
3	2	Buscar ferramenta do posto 1	
10	0	Procura ferramenta	
10	6,3	Volta ao posto	
10	0	Coloca ferramenta no posto 1	
30	0	Apertar os parafusos da ferramenta	
10	7,2	Buscar ferramenta do posto 2	
10	0	Procura a ferramenta	
12	7,2	Volta ao posto	
20	0	Coloca ferramenta no posto 2	
65	0	Aperta os parafusos da ferramenta	
54	0	Ajusta o aperto dos parafusos das ferramentas	



15	0	Trocar fichas <i>Harting</i> atrás das maquetes	
25	0	Conetar ficha <i>Harting</i> do posto 1	
20	0	Coneta a ficha <i>Harting</i> do posto 2	
5	0	Painel de controlo	
15	0	Tenta rodar a máquina	
80	0	Troca ficha <i>Harting</i>	
15	0	Painel de controlo	
2	0	Máquina gira	Trabalha
45	0	Desapertar parafusos do posto 1	
37	0	Desapertar parafusos do posto 2	
32	0	Desapertar parafusos do posto 3	
5	0	Desconetar ficha <i>Harting</i> do posto 3	
5	0	Desconetar ficha <i>Harting</i> do posto 2	
5	0	Desconetar ficha <i>Harting</i> do posto 1	
18	7,2	Buscar o carrinho	
5	0	Retirar ferramenta do posto 3	
3	1,8	Levar ao carrinho	
5	0	Deixa no carrinho	
3	1,8	Volta ao posto	
5	0	Retirar ferramenta do posto 2	
3	1,8	Levar ao carrinho	
5	0	Deixa no carrinho	
3	1,8	Volta ao posto	
5	0	Retirar ferramenta do posto 1	
3	1,8	Levar ao carrinho	
5	0	Deixa no carrinho	
20	7,2	Levar o carrinho	Espera
3	2	Buscar ferramenta do posto 1	
10	0	Procura ferramenta	
10	8,1	Volta ao posto	
25	0	Coloca ferramenta do posto 1	
32	0	Aperta os parafusos da ferramenta do posto	
11	0	Apertar com a chave	
10	7,2	Buscar ferramenta do posto 2	
10	0	Procura ferramenta	
10	7,2	Volta ao posto	
30	0	Colocar ferramenta do posto 2	
13	0	Aperta os parafusos da ferramenta do posto	
40	0	Ajustar o aperto dos parafusos com a chave	
20	0	Trocar fichas <i>Harting</i> atrás das maquetes	
10	0	Conetar ficha <i>Harting</i> do posto 2	
15	0	Conetar ficha <i>Harting</i> do posto 1	
10	0	Painel de controlo	
2	0	Máquina gira	Trabalha
120	28,8	Arrumar caixas dos 4 componentes	
83	0	Trocar gamas	Espera
28	5,4	Troca da ferramenta de controlo	
105	30,6	Buscar componentes	
70	0	Produção da 1º peça	Trabalha
20	0	Controlo	
1529	159,7		

## APÊNDICE 6 – TABELA DE CONVERSÃO DE ATIVIDADES INTERNAS EM EXTERNAS DAS MÁQUINAS NEO E 3 CABEÇAIS

Tabela 42 - Tabela de conversão de tempos de setup da máquina 3 Cabeçais

Atividade	Pode ser externa?
Arrumar um componente	x
Arrumar 2º componente	x
Desapertar parafuso superior	
Desapertar parafuso inferior	
Retirar os parafusos dos cabeçais	
Tira 1º cabeçal	
Tira 3º cabeçal	
Leva cabeçais para a estante	
Coloca no sitio e procura novos	
Volta ao posto	
Pousa o material 1 de cada vez	
Retirar mordaca inferior	
Retirar mordaca superior	
Leva mordaças para a estante	
Coloca no sitio e procura novas	
Volta ao posto	
Pousa o material 1 de cada vez	
Coloca mordaca superior	
Coloca mordaca inferior	
Aperta parafuso inferior	
Aperta parafuso superior	
Coloca 1º cabeçal	
Coloca 3º cabeçal	
Coloca parafusos nos cabeçais	
Coloca caixa de produto final no supermercado	x
Retirar útil de controlo	
Levar à estante	
Pegar no útil novo	
Levar à bancada	
Colocar na bancada	
Buscar componente 1	
Buscar componente 2	
Selecionar referência no painel de controlo	

Tabela 43 - Tabela de conversão da máquina Neo

Atividade	Pode ser externa?
Arrumar um componente	x
Arrumar 2º componente	x
Arrumar produto final	x
Buscar a chave	
Coloca painel de controlo em manual	
Desapertar parafuso superior	
Desapertar parafuso inferior	
Retirar parafuso do cabeçal 3	
Retirar cabeçal 3	
Retirar mordaca superior	
Retirar parafusos do cabeçal 3	
Retirar cabeçal 3	
Leva a mordaca superior e 1 cabeçal	
Coloca no sitio e procura novo cabeçal e mordaca	
Traz novos cabeçais	
Pousa à beira da máquina	

Retira Mordça inferior	
Leva mordça inferior e cabeçal	
Coloca no sítio e procura novo cabeçal e mordça	
Traz nova mordça inferior	
Pousa à beira da máquina	
Vai buscar nova mordça superior	
Procura mordça superior	
Volta ao posto	
Coloca mordça superior	
Coloca mordça inferior	
Aperta parafuso superior	
Aperta parafuso inferior	
Coloca 1º cabeçal e respetivo parafuso	
Coloca 2º cabeçal e respetivo parafuso	
Retira ferramenta de controlo	
Coloca ferramenta de controlo	
Buscar um componente	X
Buscar 2º componente	X
Selecionar no painel de referência	



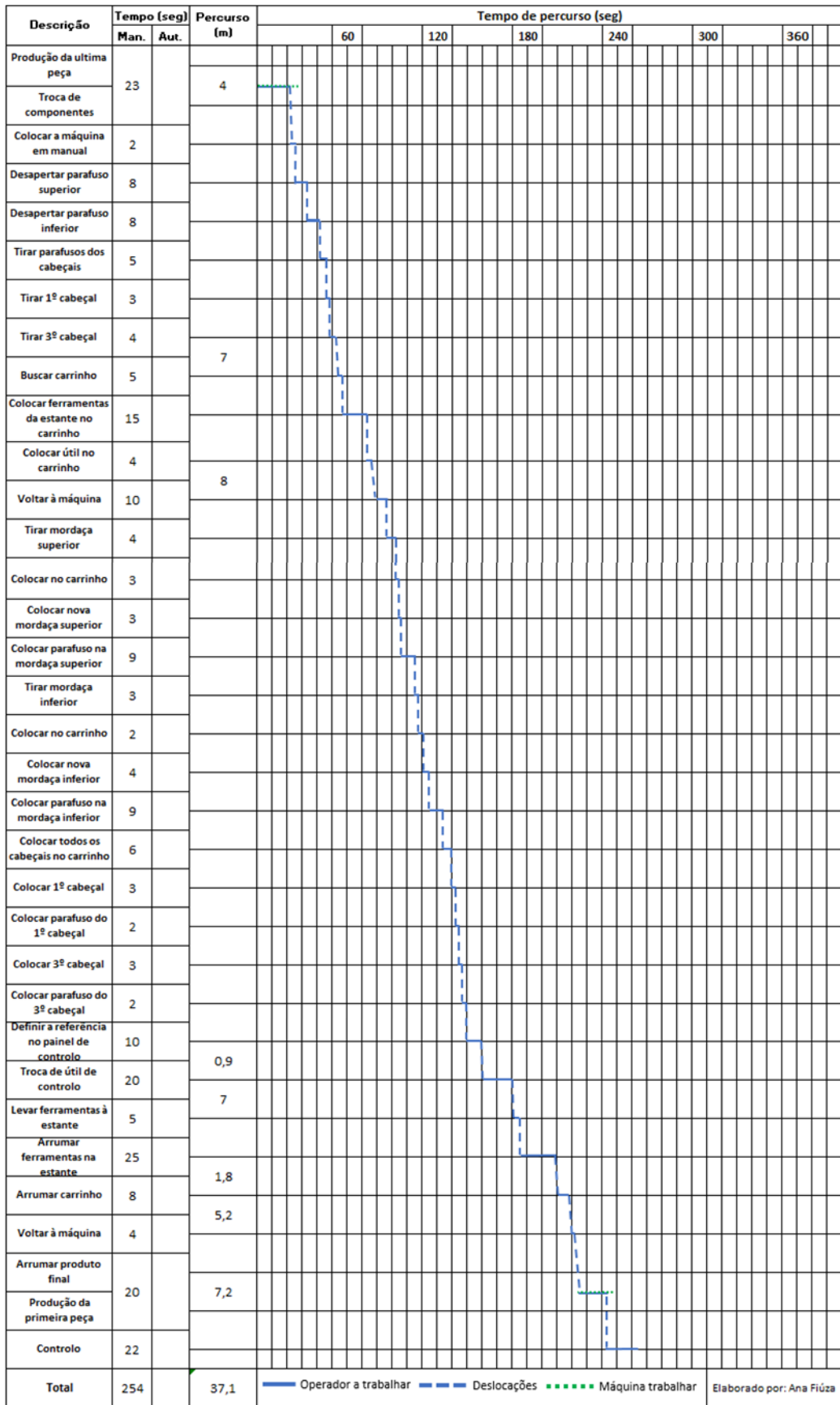
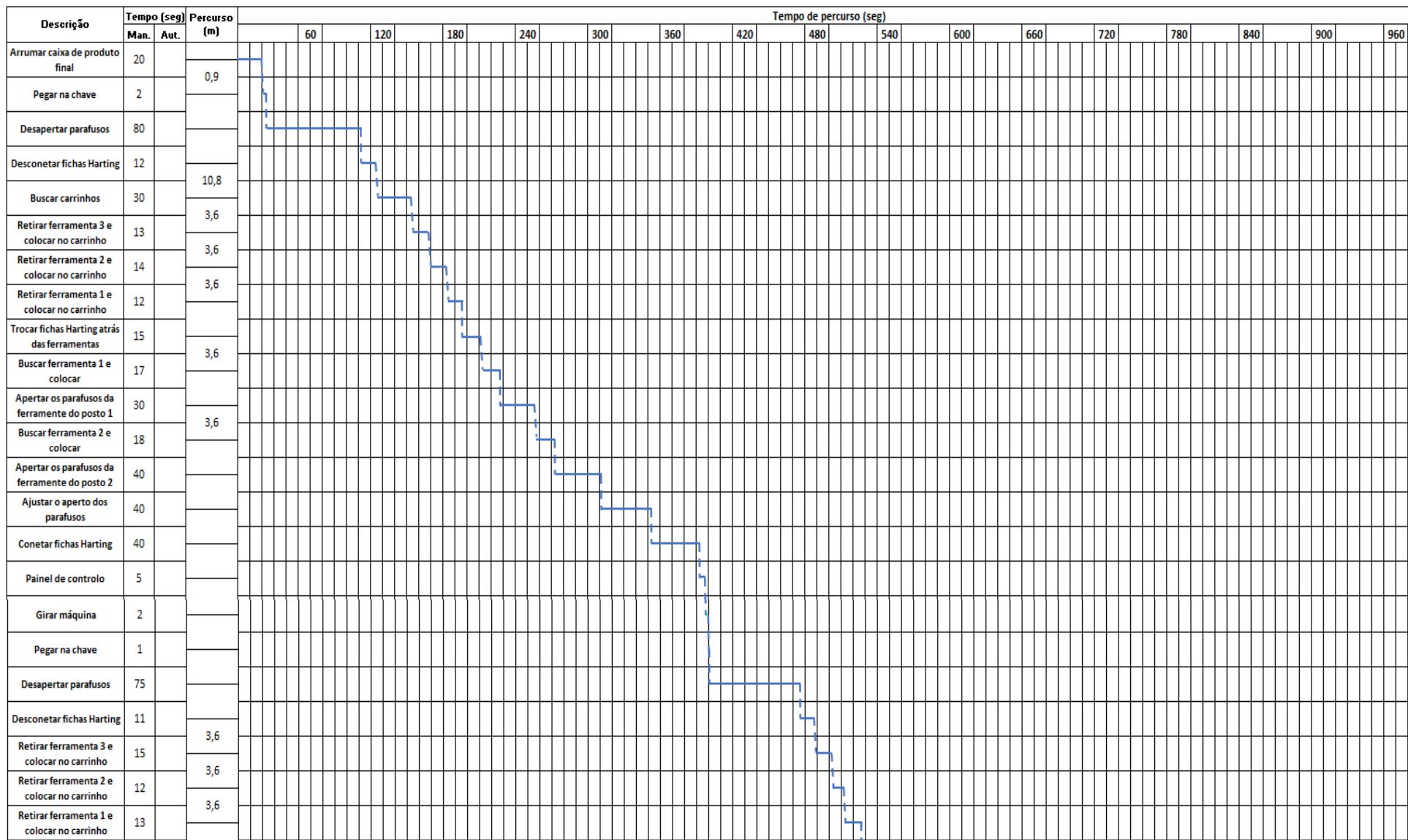


Figura 71 - Folha de trabalho normalizado da máquina Neo





## APÊNDICE 8 - TABELA DE CONVERSÃO DAS ATIVIDADES INTERNAS E EXTERNAS DA MÁQUINA CMT

Tabela 44 - Tabela de conversão de tempos de setup na máquina CMT

Atividade	Pode ser externa?
Arrumar o produto final	
Buscar chaves para desapertar	
Ver qual a chave correta	
Desapertar parafusos do posto 3	
Desapertar parafusos do posto 2	
Desapertar parafusos do posto 1	
Desconetar ficha <i>Harting</i> 1	
Desconetar ficha <i>Harting</i> 2	
Desconetar ficha <i>Harting</i> 3	
Buscar o carrinho	
Retirar ferramenta do posto 3	
Levar ao carrinho	
Deixa no carrinho	
Volta ao posto	
Retirar ferramenta do posto 2	
Levar ao carrinho	
Deixa no carrinho	
Volta ao posto	
Retirar ferramenta do posto 1	
Levar ao carrinho	
Deixa no carrinho	
Levar o carrinho	
Buscar ferramenta do posto 1	
Procura ferramenta	
Volta ao posto	
Coloca ferramenta no posto 1	
Apertar os parafusos da ferramenta	
Conetar ficha <i>Harting</i> do posto 1	
Buscar ferramenta do posto 2	
Procura a ferramenta	
Volta ao posto	
Coloca ferramenta no posto 2	
Aperta os parafusos da ferramenta	
Ajusta o aperto dos parafusos das ferramentas	
Coneta a ficha <i>Harting</i> do posto 2	
Painel de controlo	
Máquina gira	
Desapertar parafusos do posto 1	
Desapertar parafusos do posto 2	
Desapertar parafusos do posto 3	
Desconetar ficha <i>Harting</i> do posto 3	
Desconetar ficha <i>Harting</i> do posto 2	
Desconetar ficha <i>Harting</i> do posto 1	
Buscar o carrinho	
Retirar ferramenta do posto 3	
Levar ao carrinho	
Deixa no carrinho	
Volta ao posto	
Retirar ferramenta do posto 2	
Levar ao carrinho	
Deixa no carrinho	
Volta ao posto	
Retirar ferramenta do posto 1	
Levar ao carrinho	
Deixa no carrinho	



Levar o carrinho	x
Buscar ferramenta do posto 1	
Procura ferramenta	
Volta ao posto	
Coloca ferramenta do posto 1	
Aperta os parafusos da ferramenta do posto	
Apertar com a chave	
Buscar ferramenta do posto 2	
Procura ferramenta	
Volta ao posto	
Colocar ferramenta do posto 2	
Aperta os parafusos da ferramenta do posto	
Ajustar o aperto dos parafusos com a chave	
Conetar ficha <i>Harting</i> do posto 2	
Conetar ficha <i>Harting</i> do posto 1	
Painel de controlo	
Máquina gira	
Arrumar caixas dos 4 componentes	
Trocar gamas	x
Troca da ferramenta de controlo	x
Buscar componentes	

APÊNDICE 9 – STANDARD WORK COMBINATION SHEET

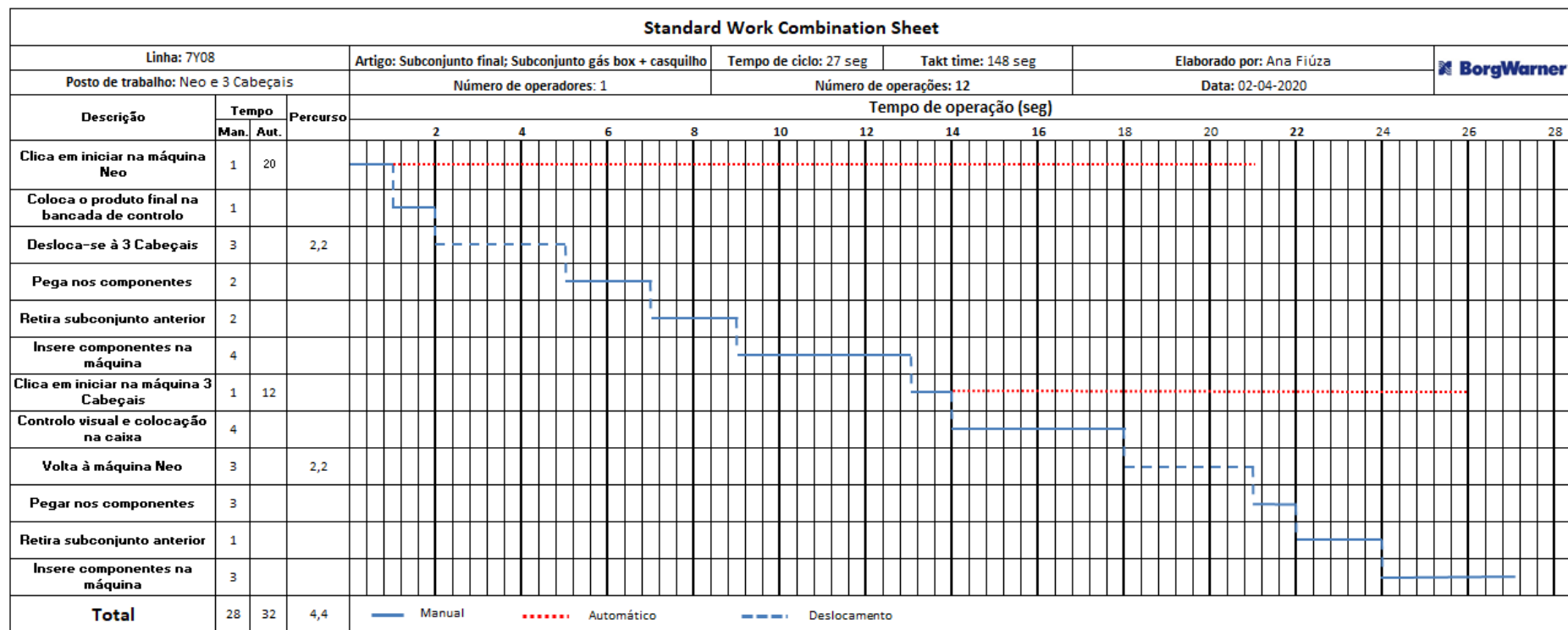


Figura 73 - Standard Work Combination Sheet das máquinas Neo e 3 Cabeçais

## APÊNDICE 10 – CALCULO DA EQUAÇÃO DE NIOSH'91 PARA AS PRATELEIRAS SUPERIORES E INFERIORES

Para a aplicação deste método, foi necessário em primeiro lugar averiguar quais os dados necessários para a mesma, esta recolha encontra-se na secção 2.3.2. Posto isto foi necessário fazer um estudo da altura dos colaboradores que trabalham na linha, desta forma, apurou-se que o colaborador mais alto tem cerca de 1,96 metros e a mais baixa 1,55 metros. Posteriormente, com a colaboração dos dois colaboradores mencionados anteriormente foi possível observar que a altura a que carregavam os produtos era de 96 centímetros (o mais alto) e 80 centímetros (o mais baixo). Também foi necessário ter em conta as seguintes considerações gerais:

- Uma vez que o movimento de colocação de produtos e retirada de componentes apenas acontece na vertical, a assimetria é considerada 0, logo pela fórmula de  $MA= 1-(0.0032xA)$ , o valor de  $MA=1$ .
- Como todas as estantes tem a mesma profundidade o valor de L usado para o cálculo do valor de H é o mesmo (20cm).

### Estante de saída

Sendo a estante em questão a estante do produto final, então inicialmente o produto encontra-se nas mãos do colaborador.

Como foi visto na seção 4.1.5, as caixas de produto final contêm pegas e são confortáveis, estas são, então, consideradas como boas.

### Prateleira inferior

Para a prateleira de baixo tem-se em consideração a pessoa mais alta, assim, o valor de  $V=96\text{cm}$ .

Como  $V \geq 25\text{cm}$ ,  $H = 20 + \frac{L}{2} = 20 + \frac{20}{2} = 30$

$D = |96-56| = 40\text{cm}$

$MA=1$

Como foi mencionado anteriormente a pega é considerada boa, e sendo o valor de  $V \geq 75\text{cm}$ , consultando a tabela que se encontra no anexo 2, chega-se ao valor de  $MP=1$ .

Para o cálculo de MF, recorreu-se à tabela que se encontra no anexo 3, sendo que cada turno tem 8 horas, foi necessário recorrer à terceira coluna correspondente a “2-8 horas”, como  $V \geq 75$ , o valor de  $MF=0.85$ .

Posto isto, calculou-se o valor de PLR para a prateleira inferior da estante de saída:

$$PLR = 23 \times \frac{25}{30} \times [1 - (0,003 \times |96 - 75|)] \times \left(0,82 + \frac{4,5}{40}\right) \times 1 \times 1 \times 0,85 = 14,23 \text{ kg}$$

*Equação 7 - Cálculo de PLR para a prateleira inferior*

### Prateleira superior

Para a prateleira superior teve-se em consideração a pessoa mais baixa, assim, o valor de  $V=80\text{cm}$ .

$$\text{Como } V \geq 25\text{cm}, H = 20 + \frac{L}{2} = 20 + \frac{20}{2} = 30$$

$$D = |80 - 158| = 78\text{cm}$$

$$MA = 1$$

Como foi mencionado anteriormente a pega é considerada boa, e sendo o valor de  $V \geq 75\text{cm}$ , consultando a tabela do anexo 2, chega-se à conclusão que o valor de  $MP=1$ .

Para o cálculo de MF, recorreu-se à tabela do anexo 3, sendo que cada turno tem 8 horas, foi necessário recorrer à terceira coluna correspondente a “2-8 horas”, como  $V \geq 75$ , o valor de  $MF=0,85$ .

Posto isto, calculou-se o valor de PLR para a prateleira superior da estante de saída:

$$PLR = 23 \times \frac{25}{30} \times [1 - (0,003 \times |80 - 75|)] \times \left(0,82 + \frac{4,5}{78}\right) \times 1 \times 1 \times 0,85 = 14,08 \text{ kg}$$

*Equação 8 - Cálculo de PLR para a prateleira superior*

## **Estantes de componentes**

### **Estante de componentes de elevado consumo**

Sendo a estante em questão a estante de componentes, então inicialmente o produto encontra-se na prateleira.

#### Prateleira inferior (Boa pega)

Sendo a altura da pega da caixa na prateleira inferior 50 centímetros, assim, o valor de  $V=50\text{cm}$ .

$$\text{Como } V \geq 25\text{cm}, H = 20 + \frac{L}{2} = 20 + \frac{20}{2} = 30$$

$$D = |50 - 96| = 46 \text{ cm}$$

$$MA = 1$$

Como foi mencionado anteriormente a pega é considerada boa, e sendo o valor de  $V \geq 75\text{cm}$ , consultando a tabela do anexo 2, chega-se à conclusão que o valor de  $MP=1$ .

Para o cálculo de MF, recorreu-se à tabela do anexo 3, sendo que cada turno tem 8 horas, foi necessário recorrer à terceira coluna correspondente a “2-8 horas”, como  $V \geq 75$ , o valor de  $MF=0,85$ .

Posto isto, calculou-se o valor de PLR para a prateleira inferior da estante de elevado consumo:

$$PLR = 23 \times \frac{25}{30} \times [1 - (0.003 \times |50 - 75|)] \times \left(0.82 + \frac{4.5}{46}\right) \times 1 \times 1 \times 0,85 = 13,53 \text{ kg}$$

*Equação 9 - Cálculo de PLR para prateleira inferior de elevado consumo (boa pega)*

#### Prateleira inferior (Má pega)

Visto que nos supermercados de entrada existem caixas com pega má, ou seja, não existe pega nessas caixas, o valor de MP, de V e de D alteram em relação ao cálculo do PLR anterior. Assim considera-se que o colaborador ao pegar na caixa pega desde a altura da prateleira (V=35), desta forma o valor de D é dado pela subtração de 96 com 35 dando o valor de 61.

Já o valor de MP, consultando a tabela do anexo 2, observa-se que aqui o valor de MP=0.9, tendo em conta que o V se mantém maior que 75.

Então o valor de PLR é:

$$PLR = 23 \times \frac{25}{30} \times [1 - (0.003 \times |35 - 75|)] \times \left(0.82 + \frac{4.5}{61}\right) \times 1 \times 0.9 \times 0.85 = 11,53 \text{ kg}$$

*Equação 10 - Cálculo de PLR para prateleira inferior de elevado consumo (má pega)*

#### Prateleira superior (Boa pega)

Sendo a altura da pega da caixa na prateleira superior 154 centímetros, assim, o valor de V=154 cm.

$$\text{Como } V \geq 25\text{cm, } H = 20 + \frac{L}{2} = 20 + \frac{20}{2} = 30$$

$$D = |154 - 80| = 74 \text{ cm}$$

$$MA = 1$$

Como foi mencionado anteriormente a pega é considerada boa, e sendo o valor de V ≥ 75cm, consultando a tabela do anexo 2, chega-se à conclusão que o valor de MP=1.

Para o cálculo de MF, recorreu-se à tabela do anexo 3, sendo que cada turno tem 8 horas, foi necessário recorrer à terceira coluna correspondente a “2-8 horas”, como V ≥ 75, o valor de MF=0.85.

Posto isto, calculou-se o valor de PLR para a prateleira superior da estante de elevado consumo:

$$PLR = 23 \times \frac{25}{30} \times [1 - (0.003 \times |154 - 75|)] \times \left(0.82 + \frac{4.5}{74}\right) \times 1 \times 1 \times 0.85 = 10,94 \text{ kg}$$

*Equação 11 - Cálculo de PLR para prateleira superior de elevado consumo (boa pega)*

#### Prateleira superior (Má pega)

Visto que nos supermercados de entrada existem caixas com pega má, ou seja, não existe pega nessas caixas, o valor de MP, de V e de D alteram em relação ao cálculo do PLR anterior. Assim considera-se que o colaborador ao pegar na caixa pega desde a altura da prateleira (V=139), desta forma o valor de D é dado pela subtração de 139 com 80 dando o valor de 59.

Já o valor de MP, consultando a tabela do anexo 2, observa-se que aqui o valor de MP=0.9, tendo em conta que o V se mantém maior que 75.

Então o valor de PLR é:

$$PLR = 23 \times \frac{25}{30} \times [1 - (0.003 \times |139 - 75|)] \times \left(0.82 + \frac{4.5}{59}\right) \times 1 \times 0.9 \times 0.85$$
$$= 10,61 \text{ kg}$$

*Equação 12 - Cálculo de PLR para prateleira superior de elevado consumo (má pega)*

### **Estante de componentes de baixo consumo**

Sendo a estante em questão uma estante de componentes, então inicialmente o produto encontra-se na prateleira.

#### Prateleira inferior (Boa pega)

Sendo a altura da pega da caixa na prateleira inferior é de 44 centímetros, assim, o valor de V=44 cm.

$$\text{Como } V \geq 25\text{cm, } H = 20 + \frac{L}{2} = 20 + \frac{20}{2} = 30$$

$$D = 96 - 44 = 52 \text{ cm}$$

$$MA = 1$$

Como foi mencionado anteriormente a pega é considerada boa, e sendo o valor de V ≥ 75 cm, consultando a tabela do anexo 2, chega-se à conclusão que o valor de MP=1.

Para o cálculo de MF, recorreu-se à tabela do anexo 3, sendo que cada turno tem 8 horas, foi necessário recorrer à terceira coluna correspondente a “2-8 horas”, como V ≥ 75 cm, o valor de MF=0.85.

Posto isto, calculou-se o valor de PLR para a prateleira inferior da estante de elevado consumo:

$$PLR = 23 \times \frac{25}{30} \times [1 - (0.003 \times |44 - 75|)] \times \left(0.82 + \frac{4.5}{52}\right) \times 1 \times 1 \times 0.85 = 13,39 \text{ kg}$$

*Equação 13 - Cálculo de PLR para prateleira inferior de baixo consumo (boa pega)*

#### Prateleira inferior (Má pega)

Visto que nos supermercados de entrada existem caixas com pega má, ou seja, não existe pega nessas caixas, o valor de MP, de V e de D alteram em relação ao cálculo do PLR anterior. Assim considera-se que o colaborador ao pegar na caixa pega desde a altura da prateleira (V=39), desta forma o valor de D é dado pela subtração de 96 com 39 dando o valor de 57.

Já o valor de MP, consultando a tabela do anexo 2, observa-se que aqui o valor de MP=0.9, tendo em conta que o V é menor 75.

Então o valor de PLR é:

$$PLR = 23 \times \frac{25}{30} \times [1 - (0.003 \times |39 - 75|)] \times \left(0.82 + \frac{4.5}{57}\right) \times 1 \times 0.9 \times 0.85 = 11,75 \text{ kg}$$

*Equação 14 - Cálculo de PLR para prateleira inferior de baixo consumo (má pega)*

#### Prateleira superior (Boa pega)

Sendo a altura da pega da caixa na prateleira superior é de 150 centímetros, assim, o valor de V=150 cm.

$$\text{Como } V \geq 25 \text{ cm, } H = 20 + \frac{L}{2} = 20 + \frac{20}{2} = 30$$

$$D = 150 - 80 = 70 \text{ cm}$$

$$MA = 1$$

Como foi mencionado anteriormente a pega é considerada boa, e sendo o valor de V ≥ 75 cm, consultando a tabela do anexo 2, chega-se à conclusão que o valor de MP=1.

Para o cálculo de MF, recorreu-se à tabela do anexo 3, sendo que cada turno tem 8 horas, foi necessário recorrer à terceira coluna correspondente a “2-8 horas”, como V ≥ 75, o valor de MF=0.85.

Posto isto, calculou-se o valor de PLR para a prateleira inferior da estante de elevado consumo:

$$PLR = 23 \times \frac{25}{30} \times [1 - (0.003 \times |150 - 75|)] \times \left(0.82 + \frac{4.5}{70}\right) \times 1 \times 1 \times 0.85 = 11,16 \text{ kg}$$

*Equação 15 - Cálculo de PLR para prateleira superior de baixo consumo (boa pega)*

#### Prateleira superior (Má pega)

Visto que nos supermercados de entrada existem caixas com pega má, ou seja, não existe pega nessas caixas, o valor de MP, de V e de D alteram em relação ao cálculo do PLR anterior. Assim considera-se que o colaborador ao pegar na caixa pega desde a altura da prateleira (V=135), desta forma o valor de D é dado pela subtração de 135 com 80 dando o valor de 55.

Já o valor de MP, consultando a tabela do anexo 2, observa-se que aqui o valor de MP=0.9, tendo em conta que o V se mantém maior que 75.

Então o valor de PLR é:

$$PLR = 23 \times \frac{25}{30} \times [1 - (0.003 \times |135 - 75|)] \times \left(0.82 + \frac{4.5}{55}\right) \times 1 \times 0.9 \times 0.85$$

$$= 10,84 \text{ kg}$$

*Equação 16 - Cálculo de PLR para prateleira superior de baixo consumo (má pega)*

## APÊNDICE 11 – PESAGEM DE COMPONENTES E PRODUTO FINAL

Tabela 45- Pesagem e alocação dos componentes de elevado consumo

Referência	Descrição	Peso (kg)	Prateleira
E159002XXXXXX	Filtro <i>Shield</i> (Suporte)	3,95	Superior
E126003XXXXXX	<i>Outer Housing CAP Overlap</i>	7,694	Inferior
E173003XXXXXX	<i>Flange</i> Ø25,4x6 -39- (2xM6)	5,05	Superior
E131002XXXXXX	<i>Spigot</i> Ø18x1	11,55	Centro
E173003XXXXXX	<i>Flange</i> quadrada 90X90 TH6	11,5	Centro
E389004XXXXXX	<i>Spacer</i>	3	Superior
E387003XXXXXX	Gas Box 44 x 33 TH1	11,45	Centro
E113002XXXXXX	<i>Bushing</i> ID16 x OD22,3 L19	5,237	Superior
E173003XXXXXX	<i>Flange</i> quadrada 90X90 TH2	8,633	Centro
E387003XXXXXX	Gas Box 82x58,5	5,683	Superior
E173003XXXXXX	<i>Flange</i> Ø38x6 -60-	5,55	Superior
E113003XXXXXX	<i>Bushing</i> M14x OD22 x L22	14,35	Centro
E387003XXXXXX	Gas Box 82x58,5 - TH. 3mm	15	Centro
E149003XXXXXX	<i>Bracket</i> Thck. 3mm	6,564	Inferior
E113003XXXXXX	<i>Bush</i> Ø8 - L10	7,889	Inferior
E159003XXXXXX	Filtro <i>Shield INNER</i>	8,95	Inferior
E103002XXXXXX	Filtro Ø89	4,7	Superior

Tabela 46- Pesagem e alocação dos componentes de baixo consumo

Referência	Descrição	Peso (kg)	Prateleira
E387002XXXXXX	Gas Box	7,46	Inferior
E113002XXXXXX	<i>Bush</i> M10 x 1,25 L9	4,844	Superior
E387000XXXX	Gas Box	8,193	Centro
E113000XXXX	<i>Bush</i> Ø53 x 2	10,674	Centro
E159004XXXXXX	Filtro <i>Shield</i>	6,6	Inferior
E103004XXXXXX	Filtro	5,366	Superior
E159004XXXXXX	Filtro <i>Shield</i> (Suporte)	13,4	Centro
E387004XXXXXX	Gas Box <i>Stamped Lower</i>	13,1	Centro
E387004XXXXXX	Gas Box <i>Stamped Upper</i>	13,006	Centro
E173003XXXXXX	<i>Flange</i> Ø30,8 x 6 (3THREADS)	9,182	Centro
E389000XXXX	<i>Inlet baffle (plane)</i>	13,5	Centro
E173000XXXX	<i>Manifold- Flange</i> (6 BOLTS)	15	Centro
E387004XXXXXX	Gas Box <i>Stamped Upper</i> TH3	11,717	Centro
E173004XXXXXX	<i>Flange</i> Ø30,8 X 6 -NA	9,914	Centro
E387003XXXXXX	Gas Box Ø47 x Ø27,4 L30,4	7,771	Inferior
E173003XXXXXX	<i>Flange</i> Ø27,4 x Ø9 -67-	6,788	Inferior
E387003XXXXXX	Gas Box	5,066	Superior
E114003XXXXXX	Tubo Ø25,4 x 0,5 L56,9	5,955	Superior
E389000XXXX	<i>Baffle</i>	4	Superior
E173000XXXX	<i>Flange Outercase</i>	9,698	Centro
E140000XXXX	<i>Spacer plate</i>	11,4	Centro
E387004XXXXXX	Gas Box	8,8	Centro
E173004XXXXXX	<i>Flange</i> 39,8x34 -NA	11,123	Centro
E387004XXXXXX	Gas Box	10,49	Centro
E173004XXXXXX	<i>Flange</i> Ø22x6-42,5-	2,071	Superior
E387001XXXXXX	Gas Box	11,413	Centro
E173001XXXXXX	<i>Flange</i> Ø35 x 6 -60- (3x M6)	8,148	Centro
E131001XXXXXX	<i>Spigot</i> I.D 12 <i>Machining</i>	11,668	Centro
E113000XXXX	<i>BYPASS Bushing</i>	1,683	Inferior
E149003XXXXXX	<i>Bracket</i>	11,926	Centro
E140002XXXXXX	<i>Spacer plate</i>	4	Superior
E140001XXXX	<i>Spacer - Isolator</i>	9,9	Centro
E387000XXXX	Gas Box 83,42x42,4x1.2	12,2	Centro
E387001XXXXXX	Gas Box	12,338	Centro
E113001XXXXXX	<i>Bushing</i> Ø33,64xØ43,24 L22	11,001	Centro



E159001XXXXX	Proteção <i>Bell</i>	2,645	Superior
E159001XXXXX	Casquilho	2,384	Superior

Tabela 47 - Pesagem e alocação dos produtos finais

Referência	Descrição	Peso (kg)	Prateleira
E103001XXXXX	Filtro	3,787	Superior
E103004XXXXX	Filtro	2,101	Superior
E111000XXXX	Manivela <i>Bulón</i>	6,168	Cima
E131003XXXXX	<i>Spigot</i>	5	Superior
E131003XXXXX	<i>Spigot</i>	8,403	Inferior
E173000XXXX	<i>Flange+affle</i>	7,245	Inferior
E387042XXXX	<i>Elbow</i> + tubo difusor	10,168	Centro
E387004XXXXX	<i>Flange</i> & Campana	12,211	Centro
E149004XXXXX	Patilha e Casquilho	9,85	Centro
E387004XXXXX	<i>Flange</i> + Gas box	10,748	Centro
E131002XXXXX	Tubo+ <i>Bush</i>	11,483	Centro
E159001XXXXX	Casquilho + campana	8,5	Centro
E149004XXXXX	<i>Bracket</i> + <i>Bush</i>	10,78	Centro
E387001XXXXX	Casquilho + campanula	8,86	Centro
E387005XXXXX	<i>Flange</i> + <i>Decoupler</i>	9	Centro
E111003XXXXX	Manivela & <i>Bulon</i>	6,82	Inferior
E131001XXXXX	Subconjunto <i>spigot</i>	3,286	Superior

## APÊNDICE 12 – ANÁLISE ABC POR QUANTIDADE DE ARTIGOS

Tabela 48 - Análise ABC por quantidade de artigos

Referências	Volume por semana	% Quant.	%Quant. Acum.	Artigos	% artigos	Classes
E126004XXXXXX	6900	9,9%	9,9%	1	2%	A
E387003XXXXXX	6900	9,9%	19,9%	2	3%	A
E126003XXXXXX	6900	9,9%	29,8%	3	5%	A
E103001XXXXXX	6000	8,6%	38,4%	4	7%	A
E387002XXXXXX	3550	5,1%	43,5%	5	8%	A
E131002XXXXXX	3550	5,1%	48,6%	6	10%	A
E173004XXXXXX	2500	3,6%	52,2%	7	11%	A
E173004XXXXXX	2500	3,6%	55,8%	8	13%	A
E126003XXXXXX	2000	2,9%	58,7%	9	15%	A
E387003XXXXXX	2000	2,9%	61,6%	10	16%	A
E149004XXXXXX	2000	2,9%	64,5%	11	18%	A
E131003XXXXXX	2000	2,9%	67,3%	12	20%	A
E131003XXXXXX	2000	2,9%	70,2%	13	21%	A
E387003XXXXXX	1750	2,5%	72,7%	14	23%	A
E114003XXXXXX	1750	2,5%	75,2%	15	25%	A
E387003XXXXXX	1750	2,5%	77,8%	16	26%	A
E114002XXXXXX	1150	1,7%	79,4%	17	28%	A
E114002XXXXXX	1150	1,7%	81,1%	18	30%	B
E387002XXXXXX	1100	1,6%	82,6%	19	31%	B
E114003XXXXXX	1100	1,6%	84,2%	20	33%	B
E103004XXXXXX	1000	1,4%	85,7%	21	34%	B
E387004XXXXXX	1000	1,4%	87,1%	22	36%	B
E387004XXXXXX	1000	1,4%	88,5%	23	38%	B
E126003XXXXXX	1000	1,4%	90,0%	24	39%	B
E101000XXXXXX	900	1,3%	91,3%	25	41%	B
E126000XXXX	700	1,0%	92,3%	26	43%	B
E387004XXXXXX	500	0,7%	93,0%	27	44%	B
E387004XXXXXX	400	0,6%	93,6%	28	46%	B
E387001XXXXXX	400	0,6%	94,2%	29	48%	B
E131001XXXXXX	400	0,6%	94,7%	30	49%	B
E173000XXXX	360	0,5%	95,3%	31	51%	C
E111000XXXX	280	0,4%	95,7%	32	52%	C
E173000XXXXXX	280	0,4%	96,1%	33	54%	C
E126000XXXX	200	0,3%	96,3%	34	56%	C
E126000XXXX	200	0,3%	96,6%	35	57%	C
E126000XXXXXX	200	0,3%	96,9%	36	59%	C
E126004XXXXXX	200	0,3%	97,2%	37	61%	C
E387001XXXXXX	175	0,3%	97,5%	38	62%	C
E114001XXXXXX	175	0,3%	97,7%	39	64%	C
E114002XXXXXX	175	0,3%	98,0%	40	66%	C
E114002XXXXXX	175	0,3%	98,2%	41	67%	C
E162002XXXXXX	175	0,3%	98,5%	42	69%	C
E149004XXXXXX	130	0,2%	98,7%	43	70%	C
E111003XXXXXX	130	0,2%	98,8%	44	72%	C
E126003XXXXXX	120	0,2%	99,0%	45	74%	C
E387004XXXXXX	120	0,2%	99,2%	46	75%	C
E387004XXXXXX	120	0,2%	99,4%	47	77%	C
E387005XXXXXX	100	0,1%	99,5%	48	79%	C
E387004XXXXXX	100	0,1%	99,6%	49	80%	C
E126003XXXXXX	50	0,1%	99,7%	50	82%	C
E126002XXXXXX	40	0,1%	99,8%	51	84%	C
E159001XXXXXX	40	0,1%	99,8%	52	85%	C
E387001XXXXXX	40	0,1%	99,9%	53	87%	C
E126002XXXXXX	25	0,0%	99,9%	54	89%	C
E126002XXXXXX	25	0,0%	100,0%	55	90%	C

E126002XXXXX	25	0,0%	100,0%	56	92%	C
E387000XXX	0	0,0%	100,0%	57	93%	C
E999000XXX	0	0,0%	100,0%	58	95%	C
E159001XXXXX	0	0,0%	100,0%	59	97%	C
E389000XXX	0	0,0%	100,0%	60	98%	C
E389000XXX	0	0,0%	100,0%	61	100%	C
<b>Total</b>	<b>69510</b>					

## APÊNDICE 13 - QUANTIDADES MÁXIMAS E MÍNIMAS DO SUPERMERCADO DE ESTANTE

Tabela 49 - Definição das quantidades do supermercado de estante

Referência	Nº Turnos do cliente	Procura		Máquina	Tempo de ciclo	7Y08			Nº peças/caixa	Tipo de caixa	Máxima		Mínima		Extensão	
		Peças/turno	Procura /sem			Capacidade/turno	Capacidade/semana	Semanas			Nº Peças	Nº Caixas	Nº peças	Nº caixas	Nº filas	Nº filas
E111003XXXXXX	2	160	130	11000000XXXX	18	1440,00	14400,00	0,01	164	cinza	164	1	164	1	1	1
E149004XXXXXX	2	160	130	11000000XXXX	26	996,92	9969,23	0,01	70	laranja	140	2	70	1	1	1
E111000XXXX	2	400	280	11000000XXXX	18	1440,00	14400,00	0,02	500	amarela	500	1	500	1	1	1
E387005XXXXXX	2	300	100	11000000XXXX	30	864,00	8640,00	0,01	80	laranja	160	2	80	1	1	1
E387004XXXXXX	2	300	100	11000000XXXX	20	1296,00	12960,00	0,01	200	laranja	200	1	200	1	1	1
E103004XXXXXX	2	250	1000	11000000XXXX	36	720,00	7200,00	0,14	66	amarela	1056	16	660	10	2	1
E387004XXXXXX	3	300	120	11000000XXXX	30	864,00	8640,00	0,01	30	cinza	120	4	30	1	2	1
E387004XXXXXX	3	300	120	11000000XXXX	30	864,00	8640,00	0,01	48	laranja	144	3	48	1	1	1
E131002XXXXXX	3	350	3550	11000000XXXX	25	1036,80	10368,00	0,34	200	laranja	1600	8	600	3	2	1
E131003XXXXXX	2	350	2000	11000000XXXX	15	1728,00	17280,00	0,12	85	laranja	680	8	344	4	2	1
E131003XXXXXX	2	350	2000	11000000XXXX	15	1728,00	17280,00	0,12	196	laranja	1568	8	392	2	2	1
E149004XXXXXX	2	350	2000	11000000XXXX	20	1296,00	12960,00	0,15	60	laranja	480	8	360	6	2	1
E114003XXXXXX	2	500	1100	11000000XXXX	20	1296,00	12960,00	0,08	162	cinza	648	4	324	2	2	1
E131001XXXXXX	2	400	400	11000000XXXX	23	1126,96	11269,57	0,04	50	amarela	800	16	200	4	2	1
E159001XXXXXX	1	150	40	11000000XXXX	18	1440,00	14400,00	0,00	235	laranja	235	1	235	1	1	1
E387001XXXXXX	1	150	40	11000000XXXX	20	1296,00	12960,00	0,00	72	cinza	72	1	72	1	1	1
E103001XXXXXX	3	600	6000	11000000XXXX	22	1178,18	11781,82	0,51	90	laranja	720	8	540	6	2	1
E1730005XXX	3	30	360	11000000XXXX	60	432,00	4320,00	0,08	18	laranja	144	8	126	7	2	1

## APÊNDICE 14 - QUANTIDADES MÁXIMAS E MÍNIMAS DO SUPERMERCADO DE CHÃO

Tabela 50 - Definição das quantidades do supermercado de chão

Referência	Nº Turnos do cliente	Procura		Máquina	Tempo de ciclo	7Y08			Nº peças/caixa	Tipo de caixa	Máxima		Mínima		Análise Crítica		
		Peças/turno	Procura/sem			Capacidade/turno	Capacidade/semana	Semanas			Quant. Máx.	Nº Caixas	Quant. Min	Nº caixas	Nº espaços	Quant. Máx.	Quant. Min
E173000XXXXX	2	400	280	11000000XXXX	20	1296,00	12960,00	0,02	18	laranja	288	16	162	9	1	432 (24cx)	216 (12cx)
E387003XXXXX	2	350	2000	11000000XXXX	26	996,92	9969,23	0,20	18	laranja	396	22	360	20	1	433 (24cx)	217 (12cx)
E387003XXXXX	2	175	1750	11000000XXXX	26	996,92	9969,23	0,18	18	cinza	432	24	216	12	2	434 (24cx)	218 (12cx)
E387001XXXXX	2	680	400	11000000XXXX	18	1440,00	14400,00	0,03	45	cinza	405	9	225	5	1	540 (12cx)	270 (6cx)
E387002XXXXX	2	500	1100	11000000XXXX	45	576,00	5760,00	0,19	51	cinza	408	8	357	7	1	612 (12cx)	306 (6cx)
E101000XXXXX	1	150	900	11000000XXXX	20	1296,00	12960,00	0,07	50	cinza	900	18	750	15	2	1200 (24cx)	600 (12cx)
E387003XXXXX	3	125	6900	11000000XXXX	25	1036,80	10368,00	0,67	84	laranja	2016	24	1008	12	1	2016 (24cx)	1008 (12cx)
E387004XXXXX	2	150	1000	11000000XXXX	30	864,00	8640,00	0,12	40	Laranja	600	15	320	8	1	600 (15cx)	320 (8cx)
E387003XXXXX	2	175	1750	11000000XXXX	14	1851,43	18514,29	0,09	48	cinza	432	9	288	6	1	576 (12cx)	288 (6cx)
E114003XXXXX	2	175	1750	11000000XXXX	26	996,92	9969,23	0,18	24	cinza	216	9	192	8	1	288 (12cx)	144 (6cx)

## APÊNDICE 15 – APRESENTAÇÃO UTILIZADA PARA DAR FORMAÇÃO AOS COLABORADORES

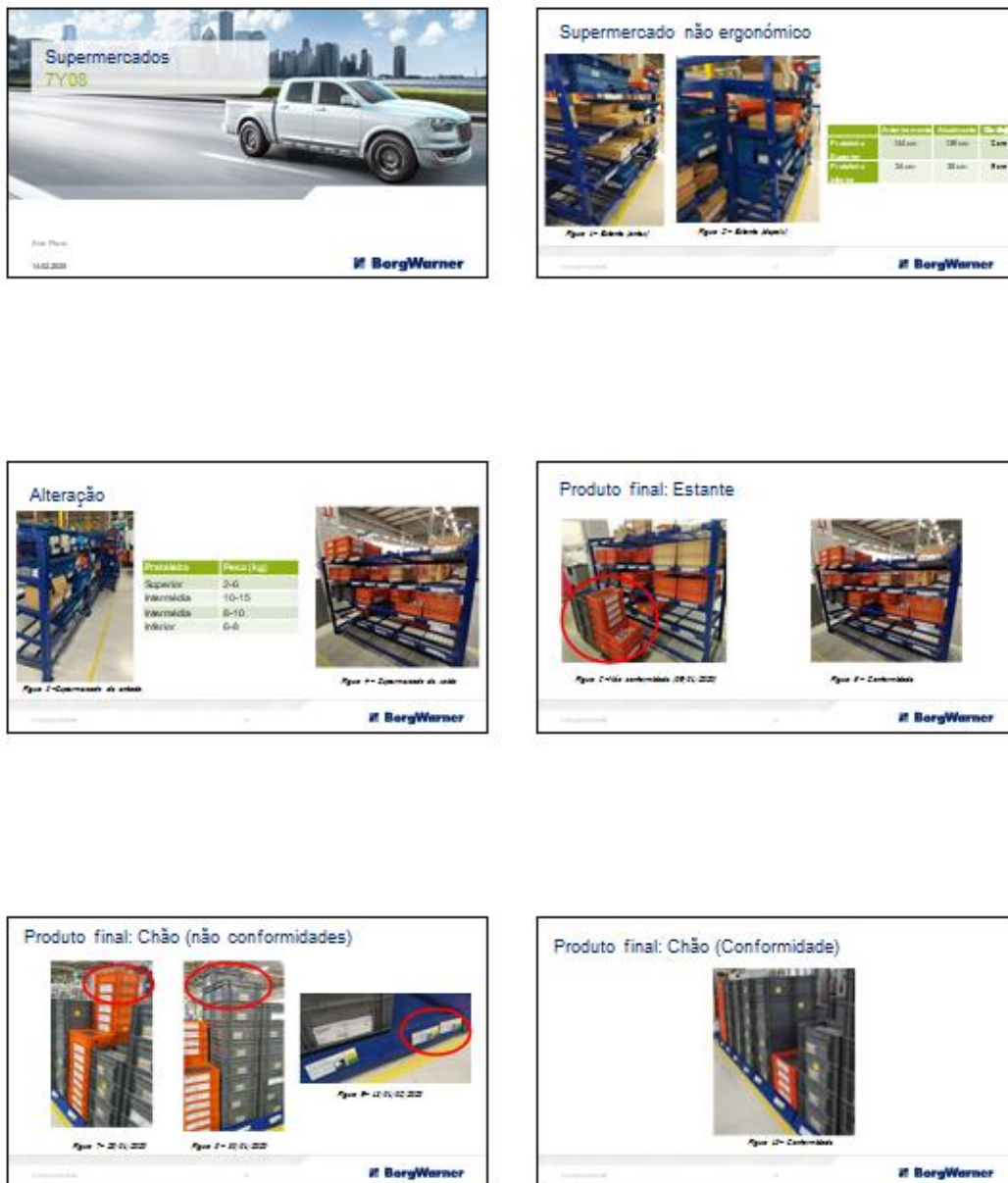


Figura 74 - Apresentação apresentada aos colaboradores (parte 1)



Figura 75 - Apresentação apresentada aos colaboradores (parte 2)

## APÊNDICE 16 - LIVROS DE REGISTO DA LINHA 7Y08















Registo de produção - Área capacitários (7Y08-2)										
BorgWarner										
Data: ___/___/___										
Turno: _____										
Foto	Referência	Descrição produto	Nº Máquina	Nº colaborador	Total peças	Peças OK	Avarias	Hora início/fim	Troca referência	Ref: seguinte
	E387005XXXXXX	Flange + Decoupler								
	E387004XXXXXX	Flange + gasbox								
	E131002XXXXXX	SPIGOT ASSY TUBE+ BUSH								
	E387001XXXXXX	Cravar casquilho a campanula								
	E101000XXXXXX	Subconjunto Gás Box								
	E387002XXXXXX	Sub-Conjunto Gás box Outlet								
	E159001XXXXXX	Cravar casquilho a campanula								
	E159001XXXXXX	Cravar proteção bell a casquilho								
	E387003XXXXXX	Gas Box Assembly								
	E114003XXXXXX	Cravar Brida no tubo								
	E387003XXXXXX	Subconjunto Inlet gasbox + casquilho								
	E387001XXXXXX	Subconjunto Outlet								
	E114003XXXXXX	Tubo Ø38 com casquilho M10								
	E387003XXXXXX	GAS BOX ASY								

Figura 76 - Registo de produção da área 7Y08-2 (página 1)



Foto	Referência	Descrição produto	N° Máquina	N° colaborador	Total peças	Peças OK	Avarias	Hora inicio/fim	Troca referência	Ref: seguinte
	E131003XXXXXX	Spigot ASSY Conificado						/		
	E131003XXXXXX	Spigot ASSY Conificado						/		
	E131001XXXXXX	Subconjunto spigot						/		
	E173000XXXX	Subconjunto Flange & Baffle						/		
	E387004XXXXXX	Subconjunto gasbox						/		
	E387003XXXXXX	GAS BOX + SPIGOT ASSEMBLY						/		
	E387004XXXXXX	GAS BOX ASY STAMPED						/		
	E149004XXXXXX	Cravar patilha + casquilho						/		
	E149004XXXXXX	BRACKET + BUSH						/		
	E173000XXXXXX	Subconjunto Brida						/		
	E387004XXXXXX	Cravar de Elbow e Tubo difusor						/		
	E387004XXXXXX	Cravar flange a campana						/		
	E111000XXXX	Subconjunto Manivela & Bulon						/		
	E111003XXXXXX	Subconjunto Manivela & Bulon						/		

Figura 77 - Registo de produção da área 7Y08-2 (página 2)

Registo de produção - Área capacitários (7Y08-3)												BorgWarner
Data: ____/____/____										Turno: ____		
Foto	Referência	Descrição produto	Objetivo (peças/hora)	Nº colaborado	Tempo de arranque	Total peças	Peças OK	Avarias	Hora início/fim	Troca referência	Ref: seguinte	Observações
	E126004XXXXXX	OUTER HOUSING ASY	120									
	E103001XXXXXX	Sub-Conjunto Filtro	180									
	E103004XXXXXX	Sub-Conjunto Filtro	240									
	E173004XXXXXX	FLANGE SQUARED ASY HS	113									
	E173004XXXXXX	FLANGE SQUARED ASY HS (3.6a)	113									
	E126002XXXXXX	Solda placa intermédia	144									

Figura 78 - Registo de produção da área 7Y08-3

Registo de produção - Área capacitários (7Y08-4)												BorgWarner			
Cliente	XXXX	Referência	E387004XXXXXX	Objetivo	103 peças/hora	Hora de início		Hora de fim		Peças OK		Peças recuperáveis		Total de peças	
Cliente	XXXX	Referência	E387002XXXXXX	Objetivo	90 peças/hora	Hora de início		Hora de fim		Peças OK		Peças recuperáveis		Total de peças	
Cliente	XXXX	Referência	E126003XXXXXX	Objetivo	85 peças/hora	Hora de início		Hora de fim		Peças OK		Peças recuperáveis		Total de peças	
Cliente	XXXX	Referência	E387004XXXXXX	Objetivo	103 peças/hora	Hora de início		Hora de fim		Peças OK		Peças recuperáveis		Total de peças	

Data:	Turno: ____	Hora	Produção Acumulada	Paragem Programada			Avarias		SMED		Organização		Defeitos			
				Reunião / Pausa ativa	Troca de ponteira	Troca de gás	Ajuste de pontos de soldadura	Troca de referência	Arranque (Setup)	Falha de matéria-prima	Soldadura partida / Pontos desviados	Fusão da carcaça	Fusão do material (>0.8mm)	Perfuração da carcaça	Penetração do material	Geometria NOK
		06:00-07:00 14:00-15:00 22:00-23:00		10												
		07:00-08:00 15:00-16:00 23:00-00:00														
		08:00-09:00 16:00-17:00 00:00-01:00														
		09:00-10:00 17:00-18:00 01:00-02:00		5												
		10:00-11:00 18:00-19:00 02:00-03:00														
		11:00-12:00 19:00-20:00 03:00-04:00														
		12:00-13:00 20:00-21:00 04:00-05:00														
		13:00-14:00 21:00-22:00 05:00-06:00														

Comentários

Figura 79 - Registo de produção da área 7Y08-4

## APÊNDICE 17 – INQUÉRITO DE SATISFAÇÃO DE COLABORADORES

7Y08 – Linha dos Capacitários



### Inquérito de satisfação de colaboradores

Identificação do Colaborador

Turno: \_\_\_\_\_

Tempo de trabalho na BorgWarner: \_\_\_\_\_

Questões:

1. Grau de satisfação com a realização deste projeto.

Muito Insatisfeito     Insatisfeito     Satisfeito     Muito Satisfeito

2. Pontos positivos do projeto.

_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

3. Pontos a melhorar.

_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

4. Descreva numa frase o que pensa do projeto.

_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Muito obrigada pela colaboração!

Figura 80 - Inquérito de satisfação de colaboradores