



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Hugo Lemos Pimenta Ribeiro

Análise e Implementação do Novo Processo  
Produtivo da Montagem Final Eletrónica

Análise e Implementação do Novo Processo  
Produtivo da Montagem Final Eletrónica

Hugo Lemos Pimenta Ribeiro

UMinho | 2014

Outubro de 2014





Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Hugo Lemos Pimenta Ribeiro

Análise e Implementação do Novo Processo  
Produtivo da Montagem Final Eletrónica

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

Trabalho efetuado sob a orientação do  
Professor Doutor Dinis Carvalho

## DECLARAÇÃO

Nome: Hugo Lemos Pimenta Ribeiro

Endereço eletrónico: hugo-ribeiro@hotmail.com

Telefone: +351916775031

Número do Bilhete de Identidade: 13764549

Título da dissertação: Análise e Implementação do Novo Processo Produtivo da Montagem Final Eletrónica

Orientador: Professor Doutor Dinis Carvalho

Ano de conclusão: 2014

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

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

- DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO

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

Assinatura:

*Aos meus avós.*

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer aos meus pais e à minha irmã. Sem a sua contribuição, não seria possível realizar este projeto.

Agradeço a todos os professores do MIEGI pela partilha de conhecimento, e em especial ao professor Doutor Dinis Carvalho, pelos esclarecimentos e opiniões, bem como, pela disponibilidade e preocupação, demonstrada durante todo o projeto.

Agradeço à Dora Enes pelo apoio incondicional, acompanhamento atento, bem como, pela assistência e confiança depositada na execução das minhas ações.

Agradeço ao André Seara, ao António Barros, à Daniela Pereira, ao João Araújo, ao João Pereira, ao Jorge Oliveira, ao José Pinto, ao Nuno Santos e ao Sérgio Costa pelo aconselhamento e suporte nas decisões, e ainda, pela motivação que, diariamente, me transmitiram.

Agradeço à Júlia Ferreira e ao Vítor Gomes pelo exemplo de profissionalismo e dedicação, no desempenho das suas funções

Agradeço a todos os colaboradores da Delphi Automotive Systems - Portugal S.A., pela forma como me receberam e acolheram.

Por fim, gostaria de agradecer à Filipa Teixeira, ao Pedro Amorim e ao Pedro Melo, principalmente pela amizade e parceria, mas também, pela troca de ideias, auxílio e cumplicidade, durante todo o percurso académico.

## RESUMO

A presente dissertação foi realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, da Universidade do Minho. Este projeto, desenvolvido na Delphi Automotive Systems - Portugal S.A., teve como principal objetivo a adaptação às quebras do volume de vendas, através da redução dos custos de fabrico, na Secção de Montagem Final de Auto-rádios, recorrendo à aplicação de ferramentas *Lean* e dos princípios da Teoria das Restrições. Começou-se por fazer uma revisão da literatura, sobre os temas que se achou mais relevantes para o projeto como *Lean Production*, Teoria das Restrições e os indicadores de desempenho necessários para análise do sistema.

Na fase do diagnóstico do sistema existente, através da avaliação dos indicadores de desempenho, de observações *in loco*, de análises às restrições do sistema e do estudo da capacidade produtiva, identificaram-se os pontos críticos, sobre os quais se concentraram o plano de ações de melhoria.

Decidiu-se formar uma equipa *Kaizen*, que após a implementação do plano de ações definido, conseguiu remover *bottlenecks*, melhorar sistemas *Poka-Yoke* e rebalancear as linhas de montagem, de forma a alcançar maior Eficiência do Sistema. Contudo, foi ainda necessário aumentar a flexibilidade dos processos, preparando a linha de montagem final 2 para produção dos artigos da marca A. Durante esta atividade, foram também criados documentos de Trabalho Normalizado, melhoradas as condições ergonómicas no abastecimento de material e eliminados tempos improdutos relacionados com a falta de material.

Estas medidas permitiram que se realizasse um ajuste de capacidade, caracterizado, principalmente, pelo desmantelamento de uma linha de montagem final e uma célula de pré-montagem. Deste ajuste, resultou o aumento da Produtividade e da Utilização das linhas de montagem final, bem como, uma redução dos custos associados à produção. Nesse sentido, foi alcançada uma poupança de 6,2% nos custos relacionados com a mão de obra, 18,9% em despesas com o espaço ocupado e 18,8% nos gastos de energia elétrica, sendo esta redução, traduzida num total de 153.647€ por ano.

## PALAVRAS-CHAVE

*Lean Production*; Teoria das Restrições; *Kaizen*; Capacidade Produtiva.





## ABSTRACT

The present dissertation follows the scope of Minho University Master course in Industrial and Management Engineering. This describes a project conducted in Delphi Automotive Systems - Portugal S.A.. The core project goal was facing the decrease in sales volume, by reducing the manufacturing costs, in Car Radio Final Assembly Section. Towards the objective completion, Lean tools and Theory of Constraints principles were applied. Initially literature review was conducted. Through it, the author gained a deeper knowledge in Lean Production, Theory of Restrictions and performance indexes relevant to analyze the studied system.

During the diagnosis phase was vital to identify the critical system aspects, upon which the improvement action plan focused. The performance indexes and *in loco* observations evaluation, the system restriction analyses and the production capacity studies, were used in the identification process.

Next, a Kaizen team was assembled to carry the defined improvement action plan implementation. The team removed bottlenecks, enhanced Poka-Yoke systems and rebalanced assembly lines, to increase a greater System Efficiency. Furthermore, was still necessary increase the process flexibility, by preparing final assembly line 2 to produce brand A products. During this activity, were also created Standard Work documents, improved the ergonomic conditions of material handling and eliminated unproductive breaks related with material shortage.

The taken actions, allowed a capacity adjustment mainly highlighted by the disassembling of a final assembly line and a sub-assembly cell. The core benefits, of the measures taken, were the increase of the lines Productivity and Utilization, as well as a significant reduction in the production costs. The figures stand as proof of the achieved improvements, a 6,2% reduction in labor costs, 18,9% in expenditure related with occupied area and 18.8% in electricity expenses, resulted from the work developed. Saving this project 153.647€/year to the company.

## KEYWORDS

Lean Production; Theory of Constraints; Kaizen; Productive Capacity.



## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice.....	ix
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xvii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xxiii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de Investigação.....	2
1.4 Estrutura da dissertação.....	3
2. Revisão Bibliográfica.....	5
2.1 <i>Toyota Production System</i> .....	5
2.2 <i>Lean Production</i> .....	7
2.2.1 Princípios <i>Lean</i> .....	7
2.2.2 Conceito de Desperdício.....	9
2.3 Ferramentas <i>Lean</i> utilizadas no projeto.....	12
2.3.1 <i>Kaizen</i> .....	12
2.3.2 <i>Poka-Yoke</i> .....	13
2.3.3 Gestão Visual.....	14
2.3.4 Trabalho Normalizado.....	15
2.3.5 <i>Takt Time</i> .....	17
2.4 Teoria das Restrições.....	18
2.5 <i>Lean vs TOC</i> .....	20
2.6 Indicadores de Desempenho.....	22
2.6.1 Taxa de Produção.....	22
2.6.2 Produtividade.....	22
2.6.3 OE.....	23

2.6.4	FTQ.....	23
2.6.5	Eficiência do Sistema.....	23
2.6.6	Índice de Planura .....	24
2.6.7	Cálculo de Capacidade .....	24
3.	Apresentação da Empresa .....	27
3.1	Grupo Delphi.....	27
3.2	Identificação e Localização .....	27
3.3	Historial da Delphi Braga.....	28
3.4	Produtos e Principais Clientes .....	29
3.5	Missão e Políticas da Empresa .....	30
3.5.1	Política da Qualidade .....	30
3.5.2	Política Ambiental.....	31
3.5.3	Política de Segurança .....	31
3.6	Fluxo de Produção.....	31
3.7	Planeamento da Produção e Fluxo de Informação.....	38
4.	Descrição e Análise do Sistema Produtivo Atual.....	43
4.1	Caraterização do Sistema .....	43
4.1.1	Linhas de Montagem Manual.....	44
4.1.2	Linhas de Teste .....	45
4.1.3	Células de <i>Trimplates</i> e Mecanismos .....	49
4.1.4	Força Laboral .....	51
4.1.5	Lista de Materiais .....	54
4.1.6	Sistemas Anti Erro .....	55
4.1.7	<i>Changeovers</i> .....	58
4.1.8	Implementação do Novo Produto .....	59
4.2	Análise Crítica do Sistema e Identificação dos Problemas.....	59
4.2.1	Desempenho das Linhas de Montagem Final .....	60
4.2.2	Paragens das Linhas de Montagem Final de Auto-rádios.....	62
4.2.3	Estudo dos Tempos e Identificação de <i>Bottlenecks</i> .....	64
4.2.4	Cálculo do <i>Takt Time</i> .....	67
4.2.5	Análise da Capacidade Produtiva .....	68

4.2.6	Análise do Novo Produto - Modelo A5.....	69
4.2.7	Análise Ergonómica do Abastecimento .....	72
4.2.8	Sumário dos Problemas Detetados .....	74
5.	Implementação de Melhorias e Verificação dos Resultados .....	75
5.1	Otimização dos Tempos de Ciclo .....	76
5.1.1	Remoção do <i>Bottleneck</i> na Célula de <i>Trimplates 2</i> .....	76
5.1.2	Remoção do <i>bottleneck</i> no Posto AVI da Linha de Testes.....	78
5.1.3	Balaceamento da Linha para o Produto E.....	80
5.1.4	Redução do Tempo de Ciclo do Produto A.....	82
5.2	Implementação do modelo A5 na Linha de Montagem Final 2.....	85
5.2.1	Duplicação dos Dispositivos .....	85
5.2.2	Implantação do Posto Passaporte .....	86
5.2.3	Criação de Trabalho Normalizado .....	87
5.2.4	Construção de novas Rampas de Abastecimento.....	87
5.3	Ajuste da Capacidade Produtiva.....	96
6.	Avaliação e Discussão dos Resultados.....	101
7.	Conclusões.....	103
7.1	Considerações Finais .....	103
7.2	Trabalho Futuro .....	104
	Referências Bibliográficas .....	105
	Anexo I – <i>Connectivity Map</i> .....	110
	Anexo II – <i>Layout</i> do Sistema Produtivo.....	117
	Anexo III – Indicadores de Desempenho .....	118
	Anexo IV– Causa das Paragens.....	119
	Anexo V – Estudo dos Tempos.....	122
	Anexo VI – Cálculo do <i>Takt Time</i> .....	153
	Anexo VII – Análise de Capacidades.....	154
	Anexo VIII - Estudo Ergonómico.....	158
	Anexo IX – Tempo de Ciclo da Célula 2.....	162
	Anexo X – Tempo de Ciclo do Posto AVI.....	164
	Anexo XI – Balaceamento da Linha para o Produto E .....	165

Anexo XII –Tempo de Ciclo do Produto A .....	171
Anexo XIII – Trabalho Normalizado.....	172
Anexo XIV – Melhoria nas Paragens da Linha 2 .....	179
Anexo XV – Ajuste de Capacidade .....	180
Anexo XVI - Resultados Obtidos .....	185

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Casa do TPS (adaptado de Liker, 2004) .....	6
Figura 2 - Princípios do <i>Lean Thinking</i> .....	8
Figura 3 - Os sete desperdícios (Russel & Taylor III, 2003) .....	10
Figura 4 - Etapas do ciclo PDCA.....	13
Figura 5 - Exemplos de Gestão Visual, na fábrica.....	15
Figura 6 - Três componentes do <i>Standard Work</i> (adaptado de Productivity Press Development Team, 1998).....	16
Figura 7 - Os <i>Five Focusing Steps</i> .....	19
Figura 8 - Esquema figurativo do DBR.....	19
Figura 9 - Relação entre princípios TOC e ferramentas <i>Lean</i> .....	21
Figura 10 - Localizações do Grupo Delphi, em Portugal .....	27
Figura 11 - Complexo industrial da Delphi (Fonte: <a href="http://www.googlemaps.com">www.googlemaps.com</a> ) .....	28
Figura 12 - Gama de artigos produzidos na Delphi Braga .....	29
Figura 13 - Principais clientes .....	30
Figura 14 - Área parcial da Secção de Injeção .....	32
Figura 15 - Área parcial da Secção de Pintura .....	32
Figura 16 - Linha de Montagem do Departamento dos Plásticos .....	33
Figura 17 - <i>Layout</i> do Edifício 1.....	34
Figura 18 - Secção SMT.....	34
Figura 19 - Processo produtivo em SMT.....	35
Figura 20 - Linha de Montagem da Secção THT .....	36
Figura 21 - Processo produtivo em THT .....	36
Figura 22 - Linha de Montagem final e Linha de Testes .....	37
Figura 23 - A) Linha de Montagem Final de Antenas; B) Célula de Montagem Final de Módulos .....	38
Figura 24 - Níveis do Planeamento da Produção .....	38
Figura 25 - Esquema do Plano Estratégico .....	39
Figura 26 - Esquema do Plano Operacional.....	40
Figura 27 - Exemplo de um manifesto.....	41
Figura 28 - Esquema do Plano Tático.....	41
Figura 29 - Área em estudo, da Secção de Montagem Final de Auto-rádios .....	43

Figura 30 - Postos de trabalho de uma linha da montagem final de auto-rádios .....	44
Figura 31 - Marcas e modelos dos produtos .....	45
Figura 32 - A) Máquinas de Iluminação; B) Máquina do Objetivo Mecânico .....	46
Figura 33 - A) Posto Subjetivo Elétrico; B) Máquina de Programação .....	46
Figura 34 - A) Posto de Etiquetagem; B) Máquina AVI.....	47
Figura 35 - A) Posto Subjetivo Mecânico; B) Posto de Embalamento .....	48
Figura 36 - Célula de Mecanismos .....	50
Figura 37 - Célula de <i>Trimplates</i> .....	51
Figura 38 - Alocação dos trabalhadores indiretos.....	54
Figura 39 - A) Placas; B) Caixilhos; C) <i>Trimplates</i> ; D) Mecanismos; E) Tampas .....	55
Figura 40 - A) Montagem correta; B) Posição incorreta, montagem impossível.....	55
Figura 41 - Exemplos de dispositivos implementados nas linhas.....	56
Figura 42 - A) Aparelho por aparafusar; B) Aparelho em conformidade .....	57
Figura 43 - Câmara instalada numa linha de montagem final de auto-rádios.....	57
Figura 44 - Diagrama de Ishikawa para as paragens nas linhas de montagem final de auto-rádios .....	62
Figura 45 - Rampa de Abastecimento da Linha de Montagem Final 2 .....	69
Figura 46 - Posto Passaporte da Linha de Montagem Final 1 .....	70
Figura 47 - Exemplo de uma Instrução de Trabalho.....	71
Figura 48 - <i>Layout</i> da Célula 2 antes e depois da inserção do <i>robot</i> .....	77
Figura 49 - Posto de Classificação.....	80
Figura 50 - Dispositivo antigo para o posto 4 do modelo A5.....	83
Figura 51 - Dispositivo novo para o posto 4 do modelo A5.....	84
Figura 52 - Dispositivos para o modelo A5 .....	86
Figura 53 - Posto Passaporte na linha de montagem final 2 .....	87
Figura 54 - Rampa de caixilhos antiga.....	88
Figura 55 - Rampa de caixilhos nova .....	89
Figura 56 - A) Caixa do fornecedor; B) Caixa personalizada .....	90
Figura 57 - Linha abastecida com: A) caixas personalizadas; B) caixa do fornecedor .....	91
Figura 58 - A) Rampas de abastecimento antigas; B) Rampas de abastecimento novas.....	94
Figura 59 - Carrinho de transporte: A) Antigo; B) Novo .....	95
Figura 60 - Altura das prateleiras de armazenamento de tampas: A) Antes; B) Depois .....	96
Figura 61 - <i>Layout</i> ilustrativo do ajuste de capacidade .....	97



Figura 62 - <i>Connectivity Map</i> Delphi .....	110
Figura 63 - <i>Connectivity Map</i> - Fornecedor .....	111
Figura 64 - <i>Connectivity Map</i> - Armazém .....	111
Figura 65 - <i>Connectivity Map</i> - Secção de Injeção .....	112
Figura 66 - <i>Connectivity Map</i> - Secção de Pintura e Montagem .....	112
Figura 67 - <i>Connectivity Map</i> - Secção de Montagem Automática.....	113
Figura 68 - <i>Connectivity Map</i> - Secção de <i>Sticklead</i> .....	113
Figura 69 - <i>Connectivity Map</i> - Secção de Montagem Final - Célula de Mecanismos .....	114
Figura 70 - <i>Connectivity Map</i> - Secção de Montagem Final - Células de <i>Trimplates</i> .....	114
Figura 71 - <i>Connectivity Map</i> - Secção de Montagem Final - Linhas de Montagem e Linhas de Teste	115
Figura 72 - <i>Connectivity Map</i> - Secção de Paletização.....	115
Figura 73 - <i>Connectivity Map</i> - Cliente .....	116
Figura 74 - <i>Layout</i> do Sistema Produtivo do Edifício 1 .....	117
Figura 75 - Total de paragens da linha 1 (Janeiro - Junho).....	119
Figura 76 - Total de paragens da linha 2 (Janeiro - Junho).....	120
Figura 77 - Total de paragens da linha 3 (Janeiro - Junho).....	121
Figura 78 - Componentes da equação NIOSH (adaptado de Colim, 2009) .....	159
Figura 79 - Instrução de Trabalho do modelo A5, para o Posto 1 .....	172
Figura 80 - Instrução de Trabalho do modelo A5, para o Posto 2 .....	173
Figura 81 - Instrução de Trabalho do modelo A5, para o Posto 3 .....	174
Figura 82 - Instrução de Trabalho do modelo A5, para o Posto 4.....	175
Figura 83 - Instrução de Trabalho do modelo A5, para o Posto 5 .....	176
Figura 84 - Instrução de Trabalho do modelo A5, para o Posto 6.....	177
Figura 85 - <i>Work Combination Table</i> para o modelo A5 .....	178
Figura 86- Total de paragens da linha 2 (Agosto e Setembro) .....	179
Figura 87 - Relação entre as ações de melhoria implementadas.....	185



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre <i>Lean Production</i> e Teoria das Restrições.....	20
Tabela 2 - Lista de recursos utilizados nas linhas de teste .....	49
Tabela 3 - Alocação de operadores na Secção de Montagem Final de Auto-rádios, por turno .....	52
Tabela 4 - Valores médios dos indicadores de desempenho das linhas de montagem final.....	61
Tabela 5 - Causas das paragens e tempos médios por dia, associados.....	63
Tabela 6 - Tempo de Ciclo, em segundos, dos postos da Montagem Manual .....	65
Tabela 7 - Tempo de Ciclo, em segundos, das Células de Pré-Montagem .....	67
Tabela 8 - Tempos de Ciclo, em segundos, das Linhas de Teste.....	67
Tabela 9 - <i>Takt Time</i> das Linhas de Montagem Final .....	68
Tabela 10 - Cálculo de Capacidades, para os anos 2014 e 2015 .....	68
Tabela 11 - Análise Antropométrica das rampas de abastecimento da linha 2.....	73
Tabela 12 - Resultados da equação NIOSH para: A)Mecanismos; B) <i>Trimplates</i> ; C)Tampas .....	73
Tabela 13 - Síntese dos Problemas Identificados no Estado Atual .....	74
Tabela 14 - Plano de Ações .....	75
Tabela 15 - Tempos de Ciclo da Célula 2, antes e depois da inserção do <i>robot</i> .....	77
Tabela 16 - Tempos associados ao conteúdo de trabalho no posto AVI, em segundos.....	79
Tabela 17 - Tempos, em segundos, associados ao posto AVI, depois da criação do posto de classificação.....	80
Tabela 18 - Alterações feitas no conteúdo de trabalho para cada posto de montagem do produto E...	81
Tabela 19 - Tempos de ciclo, por posto, antes e depois do balanceamento .....	81
Tabela 20 - Elementos que caracterizam o posto 4 da montagem final do produto A .....	82
Tabela 21 - Elementos que caracterizam o posto 4 da montagem final do produto A, com a alteração feita no dispositivo .....	84
Tabela 22 - Tempos de ciclo, por posto, antes e depois do balanceamento.....	85
Tabela 23 - Capacidade da rampa de abastecimento, em número de caixilhos .....	89
Tabela 24 - Capacidade da rampa de abastecimento, em intervalo de tempo .....	90
Tabela 25 - Capacidade das caixas de tampas .....	91
Tabela 26 - Tempo de reabastecimento para as diferentes caixas.....	92
Tabela 27 - Causas das paragens da linha 2 e tempos médios por dia associados.....	93
Tabela 28 - Tempo improdutivo e OE, antes e depois, das melhorias efetuadas .....	93

Tabela 29 - Análise Antropométrica das novas rampas de abastecimento da linha de montagem final 2 .....	94
Tabela 30 - Resultados da equação de NIOSH após as alterações para: A) Mecanismos; B) Tampas..	96
Tabela 31 - Cálculo da Capacidades, antes da implementação de melhorias, considerando os volumes para 2015 .....	98
Tabela 32 - Cálculo da Capacidades, depois antes da implementação de melhorias, considerando os volumes para 2015 .....	98
Tabela 33 - Alocação da mão de obra no total de um dia de trabalho, antes e depois, do ajuste de capacidade.....	99
Tabela 34 -Ganhos resultantes do ajuste de capacidade.....	102
Tabela 35 - Indicadores de Desempenho, mensais, da Linha 1 .....	118
Tabela 36 - Indicadores de Desempenho, mensais, da Linha 2 .....	118
Tabela 37 - Indicadores de Desempenho, mensais, da Linha 3 .....	118
Tabela 38 - Indicadores de Desempenho, mensais, da Linha 3, tendo em conta o Fator de Equivalência .....	118
Tabela 39 - Causa das Paragens da Linha 1 e tempos associados, em minutos por mês .....	119
Tabela 40 - Causa das Paragens da Linha 2 e tempos associados, em minutos por mês .....	120
Tabela 41 - Causa das Paragens da Linha 3 e tempos associados, em minutos por mês .....	121
Tabela 42 - TC, em segundos, das células de pré-montagem, para o produto A.....	122
Tabela 43 - TC, em segundos, do posto dos <i>robots</i> , na célula de <i>trimplates</i> , para o produto A .....	122
Tabela 44 - TC, em segundos, da linha de montagem final, para o produto A .....	123
Tabela 45 - TC, em segundos, da linha de testes, para o produto A.....	124
Tabela 46 - TC, em segundos, no posto Iluminação, para o produto A.....	125
Tabela 47 -TC, em segundos, do posto Objetivo Elétrico, para o produto A .....	125
Tabela 48 - TC, em segundos, do posto Subjetivo Elétrico, para o produto A.....	126
Tabela 49 - TC, em segundos, do posto Programação e Etiquetagem, para o produto A.....	126
Tabela 50 - TC, em segundos, das células de pré-montagem, para o produto B.....	127
Tabela 51 - TC, em segundos, do posto dos <i>robots</i> , na célula de <i>trimplates</i> , para o produto B .....	127
Tabela 52 - TC, em segundos, da linha de montagem final, para o produto B .....	128
Tabela 53 - TC, em segundos, da linha de testes, para o produto B.....	129
Tabela 54 - TC, em segundos, do posto Iluminação, para o produto B.....	130
Tabela 55 - TC, em segundos, do posto Objetivo Elétrico, para o produto B .....	130

Tabela 56 - TC, em segundos, do posto Subjetivo Elétrico, para o produto B .....	131
Tabela 57 - TC, em segundos, do posto Programação e Etiquetagem, para o produto B .....	131
Tabela 58 - TC, em segundos, das células de pré-montagem, para o produto C1.....	132
Tabela 59 - TC, em segundos, do posto dos <i>robots</i> , na célula de <i>trimplates</i> , para o produto C1.....	132
Tabela 60 - TC, em segundos, da linha de montagem final, para o produto C1 .....	133
Tabela 61 - TC, em segundos, da linha de testes, para o produto C1.....	134
Tabela 62 - TC, em segundos, do posto Objetivo Elétrico, para o produto C1 .....	135
Tabela 63 - TC, em segundos, do posto Objetivo Elétrico, para o produto C1 .....	135
Tabela 64 - TC, em segundos, do posto Subjetivo Elétrico, para o produto C1.....	136
Tabela 65 - TC, em segundos, do posto Programação e Etiquetagem, para o produto C1 .....	136
Tabela 66 - TC, em segundos, das células de pré-montagem, para o produto C2.....	137
Tabela 67 - TC, em segundos, do posto dos <i>robots</i> , na célula de <i>trimplates</i> , para o produto C2.....	137
Tabela 68 - TC, em segundos, da linha de montagem final, para o produto C2.....	138
Tabela 69 - TC, em segundos, da linha de testes, para o produto C2.....	139
Tabela 70 - TC, em segundos, do posto Iluminação, para o produto C2.....	140
Tabela 71 - TC, em segundos, do posto Objetivo Elétrico, para o produto C2 .....	140
Tabela 72 - TC, em segundos, do posto Subjetivo Elétrico, para o produto C2 .....	141
Tabela 73 - TC, em segundos, do posto Programação e Etiquetagem, para o produto C2 .....	141
Tabela 74 - TC, em segundos, das células de pré-montagem, para o produto D.....	142
Tabela 75 - TC, em segundos, da linha de montagem final, para o produto D.....	143
Tabela 76 - TC, em segundos, da linha de testes, para o produto D.....	144
Tabela 77 - TC, em segundos, do posto Iluminação, para o produto D.....	145
Tabela 78 - TC, em segundos, do posto Objetivo Elétrico, para o produto D .....	145
Tabela 79 - TC, em segundos, do posto Subjetivo Elétrico, para o produto D .....	146
Tabela 80 - TC, em segundos, do posto Programação e Etiquetagem, para o produto D .....	146
Tabela 81 - TC, em segundos, das células de pré-montagem, para o produto E.....	147
Tabela 82 - TC, em segundos, do posto dos <i>robots</i> , na célula de <i>trimplates</i> , para o produto E .....	147
Tabela 83 - TC, em segundos, da linha de montagem final, para o produto E .....	148
Tabela 84 - TC, em segundos, da linha de testes, para o produto E .....	149
Tabela 85 - TC, em segundos, do posto Iluminação, para o produto E.....	150
Tabela 86 - TC, em segundos, do posto Objetivo Elétrico, para o produto E .....	150
Tabela 87 - TC, em segundos, do posto Subjetivo Elétrico, para o produto E.....	151

Tabela 88 - TC, em segundos, do posto Programação e Etiquetação, para o produto E.....	151
Tabela 89 - Tempo de <i>Handling</i> máximo no posto Objetivo Elétrico, para todas as marcas.....	152
Tabela 90 - Tempo de <i>Handling</i> máximo no posto Programação e Etiquetação, para todas as marcas .....	152
Tabela 91 - Tempo de colar etiqueta no posto Programação e Etiquetação, para todas as marcas..	152
Tabela 92 - Indicadores utilizados no cálculo das variantes do TT .....	153
Tabela 93 - Volumes da Linha 1 e TC associados .....	154
Tabela 94 - Volumes da Linha 2 e TC associados .....	155
Tabela 95 - Volumes da Linha 3 e TC associados .....	156
Tabela 96 - Média (M), Desvio-padrão (DP) e Percentis das Dimensões Antropométricas da População Feminina (n=399) (adaptado de Arezes, Barroso, Cordeiro, & Costa, 2006) .....	158
Tabela 97 - Cálculo do Peso Limite Recomendado e do Índice de Elevação para o abastecimento dos mecanismos, <i>trimplates</i> e tampas, antes das ações de melhoria.....	160
Tabela 98 - Tabela auxiliar para obter Multiplicador da Frequência (adaptado de Waters, Putz-Anderson, & Garg, 1994) .....	160
Tabela 99 - Tabela auxiliar para obter Multiplicador da Pega (adaptado de Waters et al., 1994) .....	161
Tabela 100 - Nível de Risco, consoante o Índice de Elevação.....	161
Tabela 101 - Cálculo do Peso Limite Recomendado e do Índice de Elevação para o abastecimento dos mecanismos e tampas, depois das ações de melhoria .....	161
Tabela 102 - TC da Célula de <i>Trimplates 2</i> , para o produto C1, antes da implementação de melhorias .....	162
Tabela 103 - TC da Célula de <i>Trimplates 2</i> , para o produto C1, depois da implementação de melhorias .....	162
Tabela 104 - TC da Célula de <i>Trimplates 2</i> , para o produto C2, antes da implementação de melhorias .....	163
Tabela 105 - TC da Célula de <i>Trimplates 2</i> , para o produto C2, antes da implementação de melhorias .....	163
Tabela 106 - TC do Posto AVI, para o modelo C1, antes e depois, da implementação do posto de classificação.....	164
Tabela 107 - TC do Posto AVI, para o modelo E, antes e depois, da implementação do posto de classificação.....	164
Tabela 108 - Tarefas a realizar no Posto 1 do produto A, antes do rebalanceamento .....	165

Tabela 109 - Tarefas a realizar no Posto 1 do produto A, depois do rebalanceamento.....	165
Tabela 110 - Tarefas a realizar no Posto 2 do produto A, antes do rebalanceamento .....	166
Tabela 111 - Tarefas a realizar no Posto 2 do produto A, depois do rebalanceamento.....	166
Tabela 112 - Tarefas a realizar no Posto 3 do produto A, antes do rebalanceamento .....	166
Tabela 113 - Tarefas a realizar no Posto 3 do produto A, depois do rebalanceamento.....	167
Tabela 114 - Tarefas a realizar no Posto 4 do produto A, antes do rebalanceamento .....	167
Tabela 115 - Tarefas a realizar no Posto 4 do produto A, depois do rebalanceamento.....	168
Tabela 116 - Tarefas a realizar no Posto 5 do produto A, antes do rebalanceamento .....	168
Tabela 117 - Tarefas a realizar no Posto 5 do produto A, depois do rebalanceamento.....	169
Tabela 118 - Tarefas a realizar no Posto 6 do produto A, depois do rebalanceamento.....	169
Tabela 119 - Tarefas a realizar no Posto 6 do produto A, depois do rebalanceamento.....	169
Tabela 120 - TC, em segundos, da linha de montagem final, para o produto E, depois do rebalanceamento.....	170
Tabela 121 - TC, em segundos, do Posto 4 da linha de montagem final, para o produto A, depois da melhoria no dispositivo .....	171
Tabela 122 - Causa das Paragens da Linha 2 e tempos associados, em minutos por mês, após as ações de melhoria .....	179
Tabela 123 - Alocação da mão de obra no 1º Turno, antes e depois, do ajuste de capacidade .....	181
Tabela 124 - Alocação da mão de obra no 2º Turno, antes e depois, do ajuste de capacidade .....	184
Tabela 125 - Alocação da mão de obra no total de um dia de trabalho, antes e depois, do ajuste de capacidade.....	184
Tabela 126 - Cálculo dos ganhos, a partir da produtividade .....	186
Tabela 127 - Cálculo dos ganhos, a partir da comparação de percentagens de redução de volumes e de custos% = 11.855€ .....	187
Tabela 128 - Cálculo dos ganhos, a partir da comparação de percentagens de redução de volumes e de custos .....	187





## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AVI - *Automated Vision Inspection*

DRB - *Drum-Buffer-Rope*

FIS - *Factory Information System*

FTQ - *First Time Quality*

IT - *Instruções de Trabalho*

JIT - *Just in Time*

LP - *Lean Production*

NIOSH - *National Institute for Occupational Safety and Health*

OE - *Operation Effectiveness*

PDCA - *Plan-Do-Check-Act*

PCB - *Printed Circuit Boards*

QR - *Quick Response*

SMED - *Single Minute Exchange of Die*

SMT - *Surface Mount Tecghnology*

TT - *Takt Time*

TC - *Tempo de Ciclo*

TLC - *Tests Like Costumer*

TOC - *Theory of Constraints*

THT - *Throught Hold Technology*

TPS - *Toyota Production System*

TPM - *Total Preventive Maintenance*

VSM – *Value Stream Mapping*

WIP - *Work-in-Process*



## 1. INTRODUÇÃO

A seguinte monografia relata um projeto de dissertação, desenvolvido na Delphi Automotive Systems - Portugal, S.A., no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, da Universidade do Minho. Neste capítulo é compreendido o enquadramento da dissertação, bem como os objetivos da mesma. Seguidamente, apresenta-se a metodologia de investigação utilizada e a descrição da estrutura da dissertação.

### 1.1 Enquadramento

"Não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente, mas o que melhor se adapta às mudanças." Esta frase foi dita por Leon Megginson, após uma análise dos estudos, levados a cabo por Charles Darwin, sobre a evolução das espécies. No entanto, esta máxima encaixa na perfeição quando aplicada no contexto empresarial.

Devido à constante evolução tecnológica, ao desenvolvimento de técnicas de gestão cada vez mais eficientes e ao aumento das exigências dos consumidores, as empresas sentem necessidade de aperfeiçoar, continuamente, os seus processos. Deste modo, é possível obter elevados níveis competitivos e, conseqüentemente, superar a concorrência. No entanto, as variações extremas da procura, aliadas à conjuntura económica, exigem que, as empresas, conciliem os elevados níveis de eficiência dos processos, com o aumento da flexibilidade dos mesmos, permitindo, assim, reagir à redução dos volumes de produção, através da capacidade de adaptação à procura.

O projeto, que serviu de base para a realização da seguinte dissertação, foi levado a cabo na Delphi Automotive Systems - Portugal S.A.. Assim, o foco principal diz respeito à melhoria do sistema produtivo associado à montagem final de auto-rádios.

Através de análises aos volumes de encomenda e aos ciclos de vida dos projetos, a empresa prevê uma redução das quantidades de produção, em certas linhas de montagem final de auto-rádios. Desta forma, a Delphi sentiu necessidade de se antecipar às adversidades, buscando formas de se adaptar a esta situação.

Deste modo, para contrapor a diminuição dos volumes de produção, nomeadamente, das linhas de montagem final 1, 2 e 3, decidiu-se otimizar o processo das mesmas, bem como das células de pré-montagem e linhas de teste envolventes. Nesse sentido, recorrendo a conceitos da *Lean Production* e

da Teoria das Restrições, resolveu-se aumentar a eficiência e a flexibilidade dos processos, para que seja possível efetuar ajustes de capacidade, permitindo obter ganhos relacionados com os custos produção. Assim, o projeto em mãos envolve ações que garantam a melhoria do fluxo produtivo, bem como, a maximização da utilização dos recursos, focando-se na redução de desperdícios e custos associados.

## 1.2 Objetivos

Com a redução dos volumes de produção, devido à extinção de alguns artigos produzidos atualmente nas linhas de montagem em estudo, a Delphi pretende otimizar o seu sistema produtivo. Deste modo, aliando a minimização de custos de produção, com implementação de novos produtos, nas linhas de montagem em questão, pretende-se equilibrar as perdas relacionadas com a diminuição dos volumes de fabrico. Desta forma, com este trabalho, ambiciona-se apresentar propostas de melhoria, que permitam, não só, reduzir desperdícios, mas também, ajustar e aperfeiçoar os processos, referentes à manufatura de auto-rádios.

Posto isto, recorrendo à utilização de técnicas de gestão das restrições, a ferramentas *Lean* e a outros métodos de otimização de processos, que levam à melhoria contínua dos sistemas, pretende-se:

- Melhorar o fluxo de produção, atuando sobre as restrições do sistema.
- Reduzir desperdícios relacionados com a Secção de Montagem Final de Auto-rádios.
- Conciliar a eficiência do processo produtivo, com o aumento de flexibilidade no mesmo.
- Introduzir o novo produto da marca A, o modelo A5, nas linhas de montagem final atualmente existentes.
- Melhorar ergonomicamente o abastecimento de materiais nas linhas de montagem.
- Analisar a capacidade produtiva atual e sugerir propostas de ajustamento, de acordo com os volumes futuros.

## 1.3 Metodologia de Investigação

Para se desenvolver um projeto estruturado, de forma a abordar todos os aspetos, essenciais à compreensão do mesmo, é necessário definir a metodologia a utilizar. Desta forma é possível estabelecer prioridades, bem como, organizar o pensamento e o plano de ações, com vista ao cumprimento integral dos objetivos propostos.

A metodologia que melhor se enquadra com este tipo de projeto é a metodologia Investigação-Ação ou *Action-Research*. Esta é usada em situações reais, focando-se na resolução de problemas em ambiente fabril, sendo escolhida em investigações que requerem flexibilidade e o envolvimento de pessoas (O'Brien, 1998).

Segundo Gerald Susman (1983), esta metodologia comporta cinco fases, durante cada ciclo de investigação. Assim, inicialmente, identifica-se o problema e recolhe-se a informação necessária, para realizar um diagnóstico detalhado do assunto em questão. Seguidamente, são propostas várias soluções para problema, sendo que, apenas um plano de ação é selecionado e implementado. Posteriormente, são recolhidos e analisados dados relativos aos resultados da intervenção, de modo a interpretar o impacto que as ações realizadas tiveram no problema em estudo. Posto isto, a situação é reavaliada, iniciando-se, assim, um novo ciclo, sendo este repetido até que o problema seja resolvido.

Deste modo, as atividades relatadas na seguinte dissertação, iniciaram-se com a recolha da informação, alusiva ao assunto em questão. Através da pesquisa e análise de livros, artigos científicos e dissertações, foi possível compreender a base do problema. Continuamente, para se obter um plano de ações, que permita assegurar melhorias significativas, recorreu-se a observações frequentes ao sistema, e ainda, a instrumentos de análise, tais como, tabelas informativas, gráficos de causa-efeito e indicadores de desempenho. O processo de implementação do plano de ações selecionado, baseou-se na utilização de ferramentas *Lean* e na aplicação de métodos de gestão de restrições. Desta forma, conseguiram-se resultados, que posteriormente, sofreram uma análise, com vista na avaliação dos mesmos.

#### 1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se estruturada em sete capítulos e uma secção composta por Anexos. Assim, no capítulo inaugural é introduzido o projeto, através do enquadramento do tema, da enunciação dos objetivos propostos, da definição da metodologia de investigação e da apresentação da estrutura da seguinte dissertação. O segundo capítulo destina-se à revisão da literatura, sobre os temas que se vão abordar. Nesse sentido, este contém a revisão bibliográfica sobre a *Lean Production*, a Teoria das Restrições e os Indicadores de Desempenho utilizados durante o projeto. No capítulo 3 identifica-se a empresa, onde se levou a cabo este projeto, sendo apresentadas algumas informações gerais sobre a organização, bem como, a descrição do fluxo produtivo e planeamento da produção. O quarto capítulo constitui a descrição e análise do sistema produtivo em estudo. Neste é feita a

caracterização do sistema e a análise crítica do mesmo, salientando-se os problemas detetados. No capítulo 5, relata-se a implementação de melhorias, assim como, os resultados alcançados com as mesmas. Enquanto que, no capítulo 6, são avaliados esses resultados e traduzidos em ganhos para a empresa. O sétimo capítulo apresenta as considerações finais, bem como, as sugestões para trabalho futuro. A dissertação termina com uma secção de Anexos, onde se pode consultar informação adicional sobre os assuntos tratados.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, faz-se uma revisão bibliográfica dos temas que suportam esta dissertação. Nesse sentido, inicialmente, aborda-se o *Toyota Production System*, referindo as suas origens e os conceitos base desta filosofia. Em seguida, explica-se como surgiu a *Lean Production*, enunciam-se os seus princípios, define-se o conceito de desperdício e apresentam-se as ferramentas *Lean* utilizadas no projeto. Posteriormente, faz-se referência à Teoria das Restrições, explicando a sua ideologia e salientando os seus componentes. Assim, continuamente, realiza-se uma comparação entre as duas filosofias mencionadas anteriormente. Por fim, termina-se o capítulo com uma revisão sobre os indicadores de desempenho aplicados nesta dissertação, destacando as formulas e o propósito dos mesmos.

### 2.1 *Toyota Production System*

O *Toyota Production System* (TPS) é um sistema de produção, que surgiu no Japão, após a Segunda Guerra Mundial, como alternativa à produção em massa, comumente denominada Fordismo (Liker & Lamb, 2000).

A crise económica e industrial, conseqüentes da guerra, motivaram as empresas japonesas a procurar a diferenciação, como vantagem competitiva, no comércio global. Na indústria automóvel, o mercado era liderado pelos fabricantes norte-americanos e europeus, através da produção em massa, de veículos. Estes focavam os seus esforços no aumento da produtividade, sacrificando, contudo, a variabilidade dos artigos e a flexibilidade dos processos (Hu, 2013).

Os dirigentes da Toyota, com total conhecimento dos processos produtivos implementados no ocidente, perceberam que a solução para competir com os grandes líderes da indústria automóvel, passaria por transformar a quantidade, em diversidade e qualidade (Holweg, 2007). Assim, Taiichi Ohno, na época, diretor da Toyota, auxiliado por Shigeo Shingo, consultor de qualidade na empresa japonesa, criaram o modelo TPS (Carvalho, 2010; Emiliani, 2006).

Ohno, para conceber o TPS, baseou-se em dois conceitos, ensinados pelos fundadores da Toyota, nomeadamente, o *Jidoka*, idealizado por Sakichi Toyoda e o *Just-in-Time* (JIT), desenvolvido por Kiichiro Toyoda (Obara & Wilburn, 2012). O TPS é representado, simbolicamente, na forma de uma casa (Figura 1), caracterizando assim, a importância de cada conceito, no sistema global. Nesse sentido,

todos os elementos da estrutura têm que ser preservados, assim como, uma casa depende de todos os componentes estruturais, para ter estabilidade (Liker & Lamb, 2000; Morgan & Liker, 2006).

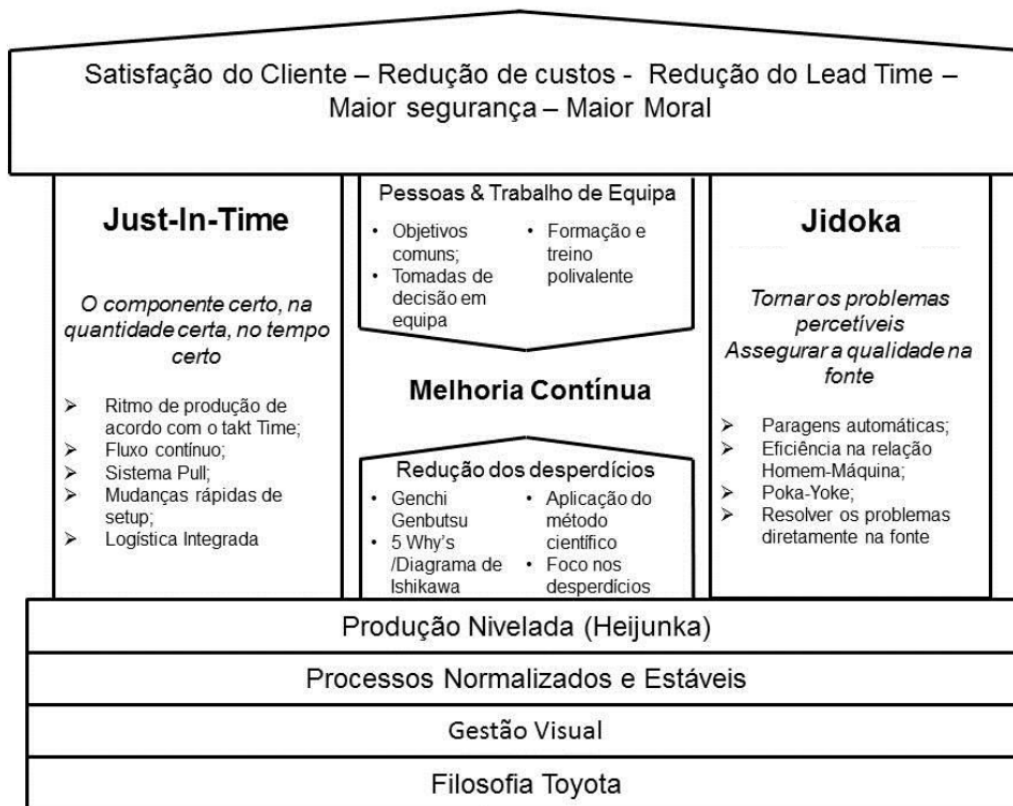


Figura 1 - Casa do TPS (adaptado de Liker, 2004)

Da mesma forma que uma casa assenta nos seus alicerces, o TPS baseia-se em técnicas de nivelamento de produção (*Heijunka*) que permitem a reação às variações da procura, na estabilidade e simplificação dos processos através da Normalização e Gestão Visual, e na filosofia Toyota, que reúne os princípios nos quais se fundamentam as técnicas anteriores.

Os pilares da casa, são os conceitos que suportam o TPS, mencionados anteriormente. O JIT baseia-se na produção de artigos, apenas, na quantidade necessária, somente, quando são necessários. Este método de produção é denominado *Pull Production*, pois reage simplesmente às encomendas dos clientes, tendo em conta o *Takt Time* (TT) e o fluxo contínuo, objetivando a redução sucessiva de desperdícios (Gong, Wang, & Lai, 2008). O *Jidoka* é representado pela capacidade de uma máquina, ter a habilidade de detetar, num produto, um desvio do que é considerado *standard* e automaticamente parar o processo. No entanto, este conceito foi alargado a processos manuais (com inexistência de máquinas), em que o operador para a produção assim que identifica um problema ou defeito (Liker & Morgan, 2006).



No interior da casa, encontra-se a força laboral, visto que, no TPS, os colaboradores são o elemento central para o cumprimento da melhoria contínua e, conseqüentemente, ter sucesso na redução de desperdícios (Pinto, 2009).

Tal como a estrutura de uma casa suporta o teto, também, os conceitos e técnicas, que constituem a casa do TPS, suportam os objetivos deste sistema de produção. Desta forma, a aplicação de todos os elementos do TPS, permite atingir elevados níveis de otimização, nos processos e nos produtos, garantindo a satisfação, não só dos clientes, mas também, dos colaboradores (Liker, 2004).

## 2.2 *Lean Production*

O sucesso do TPS é incontestável, tornando-se o foco das atenções dos maiores produtores de automóveis do mundo, quando a Toyota se transformou de uma empresa à beira da falência, em líder do mercado automóvel (Womack, Jones, & Roos, 1990).

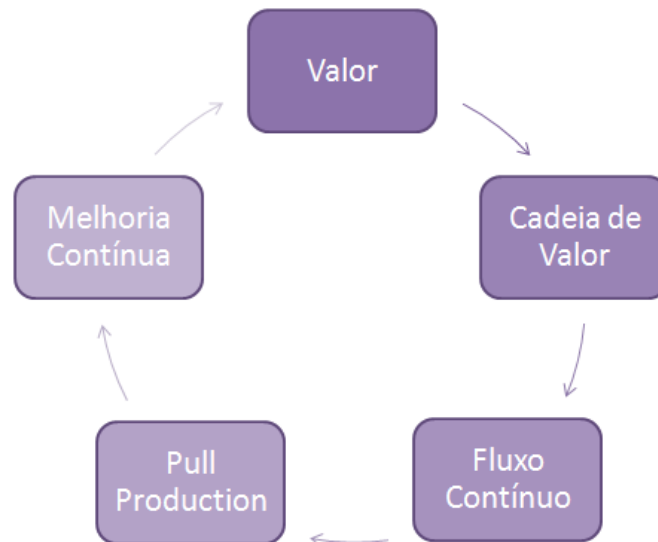
Em 1988, John Krafcik, introduziu o termo "*Lean*" no artigo "*Triumph of the Lean Production System*", e fez parte da equipa, liderada por James Womack, que, em 1990, lançou o livro "*The Machine That Changed The World*" (Carvalho, 2010), a partir do qual os conceitos do TPS, apelidados de *Lean Production* (LP), se propagaram pela indústria mundial.

Segundo Womack, Jones, & Roos (1990), a LP combina as vantagens da produção artesanal e da produção em massa, evitando, no entanto, os altos custos, associados à primeira, e a rigidez de processos, agregada à segunda.

Nesse sentido, um sistema produtivo orientado por esta metodologia, requer menor esforço dos operários da fábrica, menos espaço destinado à produção, menor investimento em ferramentas, menos tempo para o desenvolvimento de novos projetos e menor inventário. No entanto, mesmo assim, permite garantir uma grande variedade de produtos, com um número de defeitos bastante reduzido (Womack et al., 1990)

### 2.2.1 Princípios *Lean*

Devido a certos obstáculos à implementação da ideologia japonesa no ocidente, Womack e Jones, desenvolveram os princípios do *Lean Thinking* (Figura 2). Estes são considerados os passos para por em prática a LP, representando assim, um mapa simplificado para qualquer organização, que pretenda seguir o caminho da LP (Haque & James-Moore, 2004).

Figura 2 - Princípios do *Lean Thinking*

Os princípios da LP, iniciam-se com a definição de valor. Deste modo, é necessário definir as especificações e características, que o cliente pretende e está determinado a pagar (Womack et al., 1990). O foco no cliente e na produção do que o cliente realmente quer, é o centro da LP. Desta forma, a insuficiência no cumprimento dos parâmetros requeridos pelo cliente, bem como, a excedência das propriedades e funcionalidades do produto, pelas quais o cliente está disposto a pagar, podem ser considerados desperdícios (Mi Dahlgaard-Park & Dahlgaard, 2006; Womack & Jones, 2003).

O segundo princípio diz respeito à análise dos processos de todo o sistema, através da qual, se reconhece quais reúnem valor para o produto/serviço e os que não contribuem para satisfação do cliente. Assim, é possível identificar três tipos de atividades, sendo que, cada uma requer uma abordagem diferente. Nesse sentido, as tarefas que acrescentam valor ao produto devem ser preservadas, as que não acrescentam valor mas são indispensáveis, como o controlo de qualidade e a manutenção, exigem constante otimização, e as que não acrescentam valor algum devem ser eliminadas (Pattanaik & Sharma, 2009).

A diminuição do *Lead Time*, isto é, o tempo que o cliente espera, desde que faz uma encomenda, até à receção da mesma, permite que as organizações reajam, de forma mais eficaz, às variações da procura. Deste modo, a eliminação de *bottlenecks*, bem como, a redução de *buffers* e de níveis de *stock*, facilitam a implementação de um fluxo contínuo, contribuindo para a otimização do *Lead Time* (Obara & Wilburn, 2012; Paul, Nathan, & Rajan, 2007).

O *Pull Production* está diretamente ligado com o JIT, sendo caracterizado pela iniciação da produção apenas quando o cliente fizer a encomenda (Spearman, Woodruff, & Hopp, 1990). Desta forma, este sistema de produção colabora para descongestionamento do fluxo produtivo, através da redução do *stock* e da sobreprodução, utilizando o *Kanban*, como ferramenta principal (Liker & Lamb, 2000; Spearman & Zazanis, 1992).

O último princípio do *Lean Thinking* é a melhoria contínua, sendo esta, evidenciada pela eliminação continuada de desperdícios e tarefas de valor não acrescentado, à medida que são detetadas (Haque & James-Moore, 2004). A procura constante pela perfeição, depende do nível de envolvimento de todos os integrantes do sistema. Assim, torna-se necessário o comprometimento, de cada elemento, para que seja alcançado o sucesso, na implementação desta metodologia (New, 2007).

### 2.2.2 Conceito de Desperdício

Para se determinar o que realmente é considerado desperdício para a empresa, primeiro é necessário estabelecer o conceito de valor (Carvalho, 2008). Assim, o primeiro passo é observar os processos com "olhos do cliente" (Liker, 2004). Isto é, analisar o que o comprador quer e definir, na ótica do cliente, que atividades agregam valor ao produto (Womack & Jones, 2003).

Este tipo de análise, deve ser realizada desde o momento em que se recebe uma encomenda, até que se entrega o produto ao cliente, permitindo assim, reduzir o *Lead Time*, através da eliminação das tarefas que não acrescentam valor (Ohno, 1988).

No entanto, as organizações têm tendência a focarem-se, apenas, na melhoria dos processos que acrescentam valor, esquecendo-se que, as atividades de valor não acrescentado são as que verdadeiramente condicionam o sucesso da empresa (Shingo, 1989). Estas atividades representam 95% do tempo total de fabrico de um produto (Productivity Press Development Team, 1998).

Segundo Pinto (2009), existem dois tipos de atividades de valor não acrescentado. Nesse sentido, umas correspondem às atividades que não acrescentam, diretamente, valor no produto, mas no entanto, são essenciais para o êxito da empresa. Como é o caso das atividades levadas a cabo pelas Equipas de Qualidade e pelos Recursos Humanos (Monden, 1998). O outro tipo de atividades sem adição de valor, são as consideradas puro desperdício, sendo sobre estas que devem recair os esforços de melhoria contínua (Radnor, Holweg, & Waring, 2012).

Os desperdícios são atividades que consomem recursos, mas não acrescentam valor ao produto, resultando assim, no aumento dos custos de produção (Womack & Jones, 2003). Ohno (1988), durante o desenvolvimento do TPS, identificou sete desperdícios (Figura 3). Nomeadamente, a sobreprodução, as esperas, os transportes, o sobreprocessamento, o inventário, as movimentações e os defeitos.

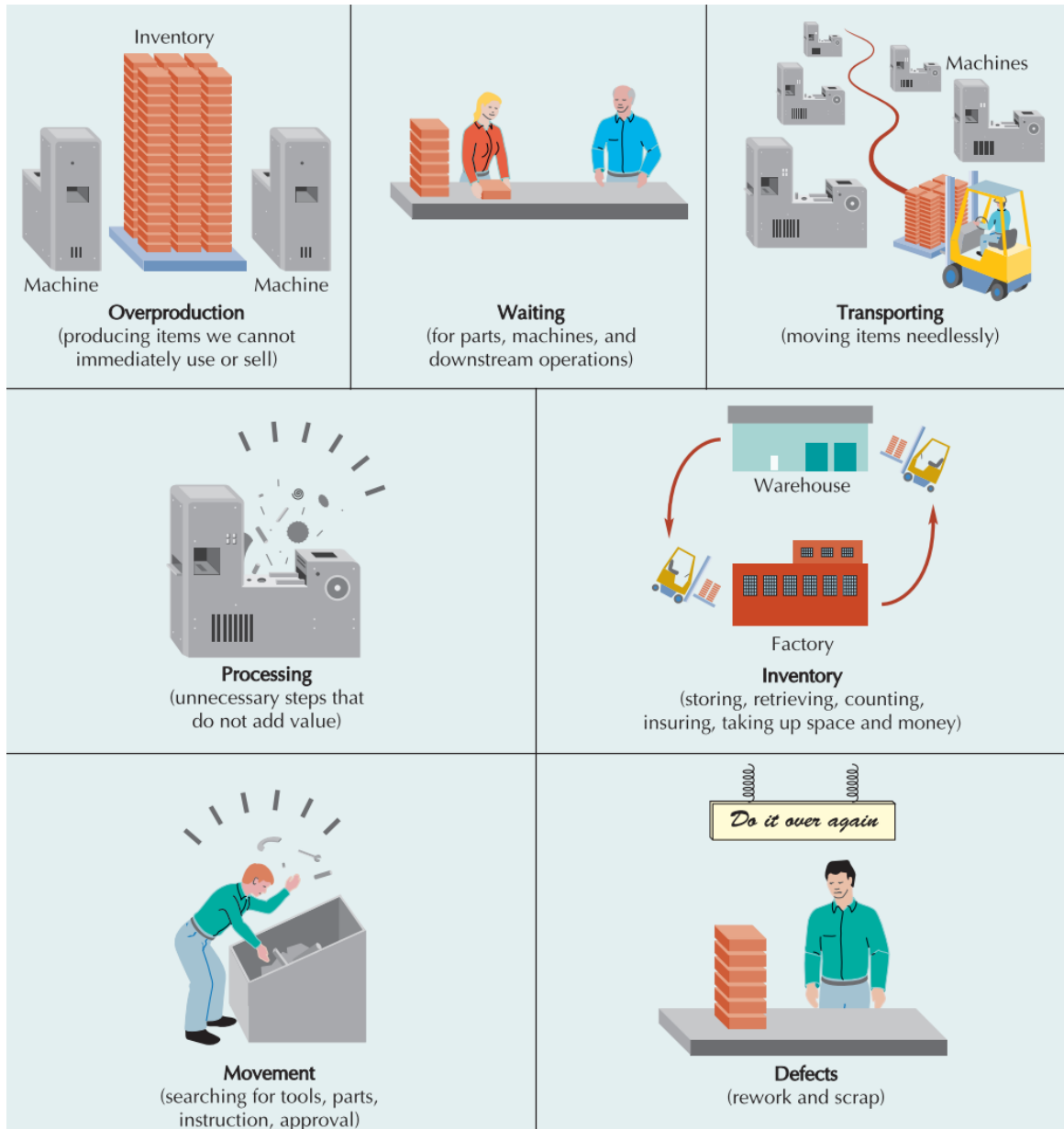


Figura 3 - Os sete desperdícios (Russel & Taylor III, 2003)

### Sobreprodução

Segundo Ohno (1988), a sobreprodução é considerada o principal desperdício, sendo o que mais prejudica o bom funcionamento do sistema produtivo. Este é caracterizado pela propensão, que as empresas têm, em antecipar o *scrap* (sucata), as potenciais avarias de máquinas e o absentismo,

produzindo mais do que o necessário e mais rápido que o esperado (Ortiz, 2006). Este método de gestão da produção potencia o aumento do inventário e do tempo de espera dos produtos intermédios, resultando em despesas adicionais, que devem ser eliminadas (Liker, 2004).

### *Esperas*

As esperas são períodos de tempo improdutivo cujo pessoas, equipamentos ou material, permanecem parados, à espera de executar a sua função (Dennis, 2002). A avaria de equipamentos, a falta de material ou de comunicação, bem como, os *changeovers* elevados, são exemplos de situações que originam esperas, contribuindo para a deficiência do fluxo produtivo e para o aumento do *Lead Time* (Monden, 1998).

### *Transportes*

O transporte, de material ou produtos, ao longo do processo, é uma atividade necessária, contudo, este deve ser otimizado, através da diminuição das distâncias a percorrer (Apreutesei, Suciú, & Arvinte, 2010). Os transportes em excesso podem ser resultantes de lacunas na definição do *layout*, ou da falta de organização dos postos de trabalho. Todavia, podem ser causados pelo efeito dominó, em que um desperdício origina outro. Como por exemplo, no caso de ocorrer sobreprodução, esta resultará em transportes desnecessários (Ortiz, 2006).

### *Sobreprocessamento*

A carência de normalização do trabalho e de formação dos colaboradores, aliada à utilização incorreta dos equipamentos, resultam em sobreprocessamento. Este desperdício é caracterizado pelas atividades, de um determinado processo, que não acrescentam valor ao produto, como é o caso de múltiplas inspeções ao produto ou do *re-packing* de material (Melton, 2005).

### *Inventário*

Para combater os problemas gerados pelos defeitos e avarias de equipamento, ou para prevenir os atrasos nas entregas do fornecedor, as indústrias recorrem a elevados níveis de inventário. No entanto, essa política de gestão, disfarça os problemas reais da fábrica, na medida em que, determinados impedimentos podem surgir que a produção continuará a funcionar fluentemente. As quantidades excessivas de inventário originam custos adicionais, havendo, ainda, risco de deterioração do material e a necessidade de espaço adicional (Carvalho, 2000).

### *Movimentações*

Qualquer movimento que não acrescente valor ao produto é considerado desperdício. Estes surgem devido à desorganização do *layout*, às irregularidades na definição da sequência do conteúdo de trabalho e às atividades relacionadas com a procura de materiais ou ferramentas. Estas acontecem, como consequência da falta de Gestão Visual (Ortiz, 2006).

### *Defeitos*

Os defeitos são erros que ocorrem na produção, durante o processo. Estes podem originar retrabalhos, caso sejam defeitos com possível reparação, ou gerar sucata, se inutilizarem completamente o produto (Melton, 2005). Estes erros impedem a fluidez do sistema, implicando perdas de tempo, de material e de esforço, que resultam em custos de produção (Liker & Lamb, 2000). A ocorrência de defeitos indica que o processo é qualitativamente fraco, que há falta de formação dos operadores ou o uso de ferramentas inadequadas (Melton, 2005).

Com o desenvolvimento dos conceitos da LP, vários autores referem a existência de um oitavo desperdício. Womack & Jones (2003), definem que, as características, atribuídas a um produto/serviço, divergentes das especificações desejadas pelo cliente, são consideradas desperdícios. No entanto, Liker (2004) e Ortiz (2006) interpretam que, o oitavo desperdício é o descrédito das capacidades dos operadores, acreditando, ainda, que o fato das empresas não envolverem ou ouvirem os seus colaboradores, origina perdas de tempo, ideias e oportunidades de melhoria.

## 2.3 Ferramentas *Lean* utilizadas no projeto

A LP é uma abordagem multidimensional, que engloba uma ampla variedade de práticas de gestão e ferramentas, num sistema integrado. O seu objetivo principal é que estas ferramentas trabalhem sinergicamente, para criar um sistema eficiente e de alta qualidade, fabricando produtos finais ao ritmo que o cliente quer, com poucos ou nenhuns desperdícios (Shah & Ward, 2003).

### 2.3.1 *Kaizen*

*Kaizen* é o termo japonês para as atividades que buscam a melhoria contínua e a criação de valor, através da eliminação de desperdícios e da otimização dos processos (Melton, 2005; Ohno, 1988; Russel & Taylor III, 2003).

Esta metodologia, idealizada por Imai (1986, 1997), é caracterizada pela formação de uma equipa de trabalho, que visa a identificação e implementação de melhorias, sem recorrer a grandes

investimentos. Segundo Liker (2004), o sucesso deste método, depende do envolvimento de todos os integrantes da empresa. Nesse sentido, a postura e atitudes dos colaboradores são a base do *Kaizen*. Estes têm ao seu dispor várias ferramentas, que apontam para a melhoria contínua, sendo o ciclo PDCA e os *Five Why's*, as mais utilizadas.

O PDCA (Figura 4) é uma ferramenta cíclica, que busca a melhoria contínua, através da recolha de informação, do planeamento e realização de ações, e da verificação dos resultados. Esta ferramenta é designada pelas iniciais das etapas que a constituem, *Plan-Do-Check-Act* (Rother, 2009).



Figura 4 - Etapas do ciclo PDCA

O ciclo inicia-se com a etapa *Plan*, caracterizada pela recolha e análise da informação, selecionando-se o melhor plano de melhoria. Seguidamente, na fase *Do*, implementa-se o plano escolhido. Na fase *Check*, verifica-se e avalia-se, criticamente, os resultados da implementação, de modo a perceber se os efeitos reais coincidem com os esperados. Na última etapa do ciclo, denominada *Act*, são realizadas as ações corretivas, para ajustar os resultados e implementar as melhorias (Van Scyoc, 2008).

Os *Five Why's* são uma metodologia, simples e eficaz, que visa a identificação da raiz de um determinado defeito ou problema, através da resposta a cinco "porquês". Segundo Liker (2004), questionar o "porquê", a cada suposição para a causa do problema, permite conhecer-se a sua origem e efetuar ações que previnam a reincidência.

### 2.3.2 Poka-Yoke

O *Poka-Yoke* ou *error-proofing*, foi introduzido por Shingo (1986), como sendo uma ferramenta, que impede a ocorrência de erros durante um determinado procedimento. Esta ferramenta foi criada com a finalidade de se atingir os zero defeitos, podendo-se eventualmente eliminar as inspeções de controlo de qualidade (Erlandson, Noblett, & Phelps, 1998; Stewart & Grout, 2001). Através de mecanismos

que garantem o manuseamento ou a montagem correta de peças ou ferramentas, os *Poka-Yokes* permitem que se definam processos à prova de erros.

Os *Poka-Yokes* podem ser usados para controlar ou para alertar. No caso dos dispositivos de controlo, estes param o processo, para que o problema seja corrigido. Em relação aos dispositivos de alerta, através de sinais sonoros ou luminosos, avisam os operadores da ocorrência de um problema (Shingo, 1986).

Segundo Shingo (1989), existem três tipos, ou métodos, de controlo através de *Poka-Yokes*. O *contact method*, que identifica a existência de defeitos, através do contacto (ou da falta deste) entre um dispositivo e o produto. O *fixed value method*, que averigua se um determinado número de movimentos foram realizados. E por fim, o *motion step method*, que verifica se a sequência de tarefas é efetuada corretamente.

De acordo com Hollnagel (2004), um sistema *Poka-Yoke* pode ser composto por três tipos de dispositivos. Nesse sentido, podem ser dispositivos físicos, se estes bloquearem o fluxo de massa, a energia ou a informação, sem depender da interpretação do utilizador. No entanto, podem ser dispositivos funcionais, caso se possam ligar ou desligar, devido a uma ação (como a introdução de uma *password*), sem depender da subjetividade do utilizador. E podem, ainda, ser dispositivos simbólicos, estando, estes, presentes nos locais onde são necessários, contudo, necessitam de ser interpretados como, por exemplo, os sinais de segurança (Saurin, Ribeiro, & Vidor, 2012).

À semelhança do *Kaizen*, para o desenvolvimento e implementação de sistemas *Poka-Yoke*, é importante observar o conteúdo de trabalho no local e envolver quem o realiza. Isto permitirá maior fiabilidade nos sistemas anti erro (Van Scyoc, 2008).

### 2.3.3 Gestão Visual

Segundo Hall (1987), a Gestão Visual é um mapa representativo das condições da empresa. Esta ferramenta requer uma linguagem simples e atingível, para que seja compreendida, da mesma forma, por todos os utilizadores.

A Gestão Visual permite, não só, descrever o modo de realização do trabalho, mas também, os instrumentos/materiais necessários e seu modo de utilização (Fujimoto, 1999). Assim, esta ferramenta concede maior autonomia aos colaboradores, corrigindo problemas na comunicação e aumentando a eficácia produtiva, através da resposta eficiente a anomalias à medida que vão surgindo (Hall, 1987).



São exemplos de Gestão Visual (Figura 5), os registos de trabalho normalizado, as marcações, a cores distintas das diferentes áreas do chão de fábrica, os sinais luminosos *Andon* que permitem perceber o estado de funcionamento da máquina, através de um código de cores, e os painéis informativos, que apresentam os indicadores de desempenho da produção (Shingo, 1986; Productivity Press Development Team, 1998).



Figura 5 - Exemplos de Gestão Visual, na fábrica

#### 2.3.4 Trabalho Normalizado

O Trabalho Normalizado, comumente denominado *Standard Work*, é uma ferramenta caracterizada pela normalização do conteúdo de trabalho, com a finalidade de sequenciar as atividades, de um determinado procedimento. Esta ferramenta permite eliminar as atividades que não acrescentam valor, maximizando o desempenho do processo (Spear & Bowen, 1999; Productivity Press Development Team, 2002).

A normalização do trabalho é realizada em documentos simples e de fácil consulta, sendo que, para Monden (1998), existem três componentes, de abordagem obrigatória, nestes documentos (Figura 6).

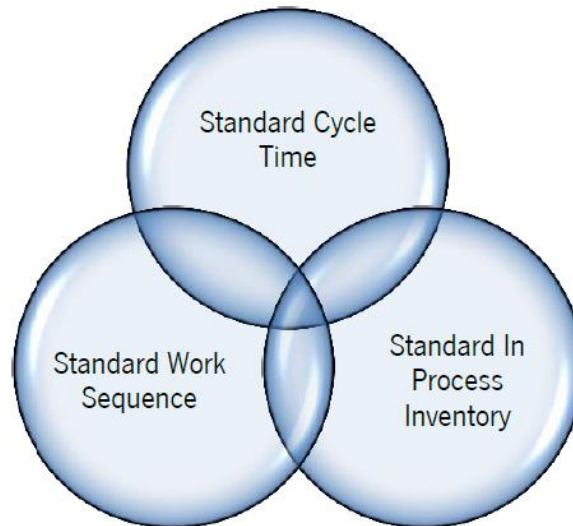


Figura 6 - Três componentes do *Standard Work* (adaptado de Productivity Press Development Team, 1998)

O *Standard Cycle Time*, ou Tempo de Ciclo (TC), indica o tempo *standard* de produção de uma unidade, sendo este, estipulado com base nos recursos disponíveis e na procura desejada pelo cliente (Monden, 1998). Caso o fabrico de um produto demore mais do que o TC, ocorrerão esperas nos processos a jusante. No entanto, se o tempo de manufatura de uma unidade for inferior ao TC, haverá desperdícios por sobreprodução, e conseqüentemente, um acumular de inventário (Productivity Press Development Team, 2002). Assim, pode-se concluir que a definição do TC, bem como, a preparação do processo para o cumprimento do mesmo, são fases críticas da normalização do trabalho.

No *Standard Work Sequence* define-se a ordem de execução, das atividades que englobam o processo. Deste modo, os operadores são capazes de desenvolver o conteúdo de trabalho, sempre com o mesmo TC, evitando assim, a aleatoriedade da execução de tarefas e as flutuações do TC (Productivity Press Development Team, 1998).

Quanto ao *Standard in Process Inventory*, este define a quantidade de material necessário, garantindo o fluxo contínuo e impedindo o excesso de *Work-in-Process* (WIP) (Monden, 1998). O WIP é considerado todo o material que está à espera, para ser processado.

Segundo Spear & Bowen (1999), existem quatro regras fundamentais, para a implementação da normalização do trabalho de qualquer processo. A primeira regra refere que todo o trabalho deve ser altamente especificado, relativamente ao conteúdo e à sequência, bem como, ao tempo e resultados esperados. A segunda regra dita que a relação fornecedor-cliente deve ser fluida e clara. A terceira regra considera que o transporte de produtos, ao longo do processo, deve ser simples e direto. Por fim,

a quarta regra sugere que todas as melhorias devem ser implementadas com base num método científico e sobre orientação especializada.

No entanto, Liker (2004) contesta as regras anteriormente descritas, defendendo dois princípios capitais para a normalização do trabalho. O primeiro princípio considera que, os padrões de trabalho devem ser definidos de forma clara e específica. O segundo sugere que, os colaboradores devem ser os responsáveis pela implementação das melhorias, visto serem os que mais conhecimento têm sobre as atividades e a sua realização.

### 2.3.5 *Takt Time*

O *Takt Time* (TT) é um indicador da filosofia *Lean Production* e representa o tempo no qual, uma linha ou célula de montagem, deve produzir uma unidade, para estar alinhada com a procura do mercado (Monden, 1998). Nesse sentido, o TT indica o ritmo a que os clientes requerem um produto final (Rother & Harris, 2003), podendo ser calculado através da Equação 1.

No entanto, de forma a ter em conta as paragens planeadas, bem como, o tempos improdutivos não planeados, sentiu-se a necessidade de criar novas vertentes para o cálculo do TT (Carvalho, 2013). Assim, a partir da Equação 2, é possível calcular o TT Planeado, que inclui as paragens previamente planeadas. A Equação 3, permite determinar o TT Útil, sendo este o valor de TT ideal para se utilizar em empresas de produção, uma vez que, inclui todos os tempos improdutivos, planeados e não planeados.

$$Takt\ Time\ Diário = \frac{Tempo\ de\ um\ dia\ trabalho}{Procura\ diária} \quad \text{Equação (1)}$$

$$Takt\ Time\ Planeado = \frac{Tempo\ Planeado\ de\ Produção}{Procura\ diária} \quad \text{Equação (2)}$$

$$Takt\ Time\ Útil = \frac{Tempo\ Útil\ de\ Produção}{Procura\ diária} \quad \text{Equação (3)}$$

Dado que, o TC de um artigo é a cadência de produção de uma unidade, e o TT Útil, do mesmo produto, é a cadência desejada pelo cliente, tendo em conta as ineficiências do sistema, a situação ideal seria ter um TC igual ao TT Útil (Liker, 2004; Liker & Lamb, 2000). Desta forma, o sistema produziria em condições ótimas, permitindo entregar as encomendas ao cliente na data estipulada, e ainda, evitar a sobreprodução.

## 2.4 Teoria das Restrições

A Teoria das Restrições, ou *Theory of Constraints* (TOC), divulgada no livro "*The Goal*", foi desenvolvida por Eli Goldratt (Goldratt & Cox, 1984). Esta é uma filosofia, que visa o aumento da produtividade e a melhoria contínua de uma empresa (Blackstone, 2001; Pegels & Watrous, 2005; Schragenheim & Ronen, 1990). Para Goldratt & Fox (1986), através da implementação desta técnica de gestão, é possível alcançar o objetivo principal de uma organização, isto é, "fazer dinheiro, tanto no presente, como no futuro".

Segundo Goldratt (1988), todos os sistemas possuem uma restrição, considerando que, esta é "qualquer coisa que impeça o sistema de atingir o desempenho máximo". No entanto, um sistema contém, somente, uma restrição em determinado horizonte temporal, assim, apenas surge uma nova barreira, quando a primeira for eliminada (Goldratt, 1992).

Goldratt, em "*The Goal*"(1984), foca-se num tipo de restrições denominadas "*bottlenecks*" ou gargalos. Estes são todos os recursos cuja capacidade produtiva é menor do que a procura que lhes é atribuída. Contudo, existem várias restrições que, embora externas ao sistema produtivo, afetam o mesmo. Como por exemplo, a capacidade do Departamento de Vendas, em transformar a procura do mercado em ordens de compra (Rattner, 2006).

De acordo com Rahman (1998), a TOC divide-se em dois componentes principais. O primeiro consiste na filosofia que está na base da TOC. Esta é composta pelos *Five Focusing Steps*, por um método de programação e controlo de produção, designado *Drum-Buffer-Rope* (DRB), e pelo sistema de controlo de inventário *Buffer Management*. Quanto ao segundo componente, este diz respeito ao *Thinking Process*.

Os *Five Focusing Steps* (Figura 7), presentes na filosofia da TOC, definem as etapas para a melhoria contínua dos processos (Rahman, 1998; Schragenheim & Ronen, 1990). Nesse sentido, segundo Goldratt (1990), inicialmente, é necessário identificar a restrição do sistema. Em seguida, decide-se como se vai explorar a restrição, de modo a obter o rendimento máximo. Posteriormente, é fundamental subordinar e sincronizar todas as atividades do processo, para que estejam alinhadas e suportem as necessidades da restrição. Se, após a execução destes três passos, não se alcançar o rendimento pretendido, então procede-se ao quarto passo. Este consiste na realização de ações, que permitam eliminar por completo a restrição. A última etapa, dos *Five Focusing Steps*, é voltar à etapa

inicial, o que demonstra que este método é cíclico, apostando na melhoria contínua (Blackstone, 2001; Fredendall & Lea, 1997; Wu & Yeh, 2006).

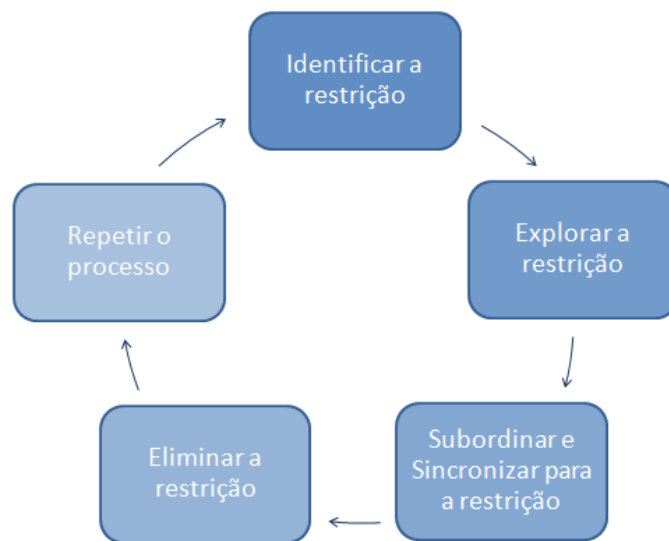


Figura 7 - Os Five Focusing Steps

O DBR (Figura 8) é um método de programação e controlo de produção, que permite a implementação das três primeiras etapas dos *Five Focusing Steps* (Wu & Yeh, 2006). Desta forma, o DRB é composto por três elementos fundamentais, o *Drum*, o *Buffer* e a *Rope* (Goldratt & Fox, 1986). O *Drum*, ou "Tambor", simboliza a restrição do sistema, dado que, esta define a candência, ou o ritmo de produção, de todo o sistema (Gilland, 2002). O *Buffer*, ou "Pulmão", representa o tempo de proteção, traduzido em quantidade de material necessário para garantir que o *bottleneck* e, conseqüentemente, o sistema, não pare, por falta de material proveniente de processos anteriores (Wu & Yeh, 2006). A *Rope*, ou "Corda", é o tempo de compensação, que existe entre a programação do *bottleneck* (*Drum*) e a libertação de matérias-primas, no início do sistema produtivo (Ronen & Starr, 1990).

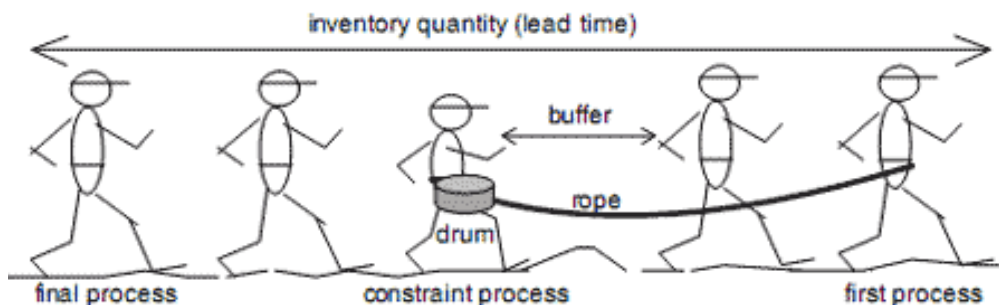


Figura 8 - Esquema figurativo do DBR

O *Buffer Management* é um sistema de informação, que melhora o fluxo de produção, aumentando a sua eficiência, através da implementação de *time buffers* (Rahman, 1998). Estes são compostos por

*stocks* de segurança, que permitem manter o fluxo produtivo, desde o tempo em que começa a produção, no início do sistema, até que esse material chega à restrição (Goldratt, 1990).

Quanto ao *Thinking Process*, o outro componente principal da TOC, segundo Goldratt (1994) é considerado "uma abordagem genérica para lidar com restrições políticas, criando soluções inovadoras para as mesmas, através do uso do senso comum, do conhecimento intuitivo e da lógica.

## 2.5 *Lean vs TOC*

Ambas as filosofias, *Lean Production* e Teoria das Restrições, suportam métodos cíclicos e de melhoria contínua, que se focam no aumento da eficiência e eficácia dos sistemas produtivos. No entanto, estas apresentam diferentes conceitos e abordagens (Rattner, 2006), como se pode verificar na Tabela 1.

Tabela 1 - Comparação entre *Lean Production* e Teoria das Restrições

	<i>Lean Production</i>	Teoria das Restrições
Objetivo	Aumentar os ganhos, através da adição de valor, na perspectiva do cliente	Aumentar os ganhos, através do aumento do rendimento
Resultados	Redução do custo de produção	Aumento capacidade produtiva
Medidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo</li> <li>• <i>Lead Time</i></li> <li>• Valor Acrescentado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendimento</li> <li>• Inventário</li> <li>• Custo de Produção</li> </ul>
Alvo	Eliminar desperdícios	Eliminar restrições
Como implementar?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 princípios;</li> <li>• Processo Contínuo;</li> <li>• Pensar globalmente;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 princípios;</li> <li>• Processo Contínuo;</li> <li>• Agir localmente;</li> </ul>
Inventário	Eliminar o máximo possível	Manter o suficiente para maximizar o rendimento nas restrições
Balanceamento de Linhas	Criar equilíbrio para eliminar desperdícios	Criar desequilíbrio para aumentar o rendimento na restrição
Ritmo/Cadência	Definido pelo cliente (TT)	Definido pela restrição (DBR)
Horizonte Temporal	Ambos obtêm resultados imediatos, embora necessitem de comprometimento a longo prazo para manter os resultados	

Apesar das diferenças, estas filosofias quando combinadas, permitem alcançar rapidamente grandes melhorias. Enquanto a LP elimina os desperdícios, a TOC identifica as restrições, atuando sobre elas, com a finalidade de aumentar o volume de negócios (Marris, 2013).

Enquanto que, a TOC proporciona habilidade na identificação dos processos-chave do sistema, as ferramentas *Lean* permitem atuar, sobre os mesmos, com eficácia. Deste modo, a combinação destas filosofias, possibilita a diminuição do *Lead Time* e o aumento da velocidade do *Throughput* (Srinivasan, 2012). Desta forma, na Figura 9, é perceptível a relação entre os princípios TOC e as ferramentas *Lean*.

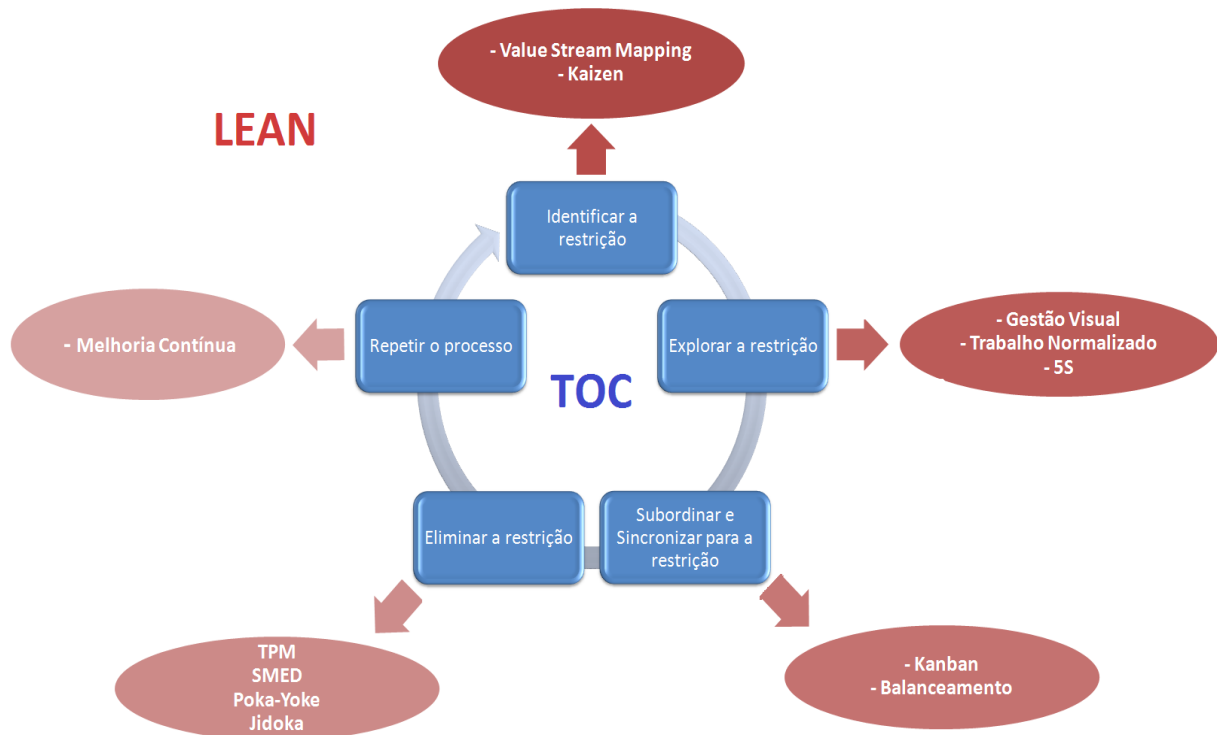


Figura 9 - Relação entre princípios TOC e ferramentas *Lean*

Os princípios da TOC podem ser implementados, com o auxílio das ferramentas *Lean*. Nesse sentido, no primeiro princípio da TOC, referente à identificação das restrições, pode-se recorrer ao VSM, para se ter uma perceção visual do fluxo de produção, bem como, ao *Kaizen*, que promove as observações *in loco*.

Para "explorar a restrição", a LP contribui com ferramentas que incentivam à produção com máxima eficiência. Assim, é possível obter o rendimento absoluto, de uma restrição, recorrendo à organização do local de trabalho, através da Gestão Visual e dos 5S (Chapman, 2005), bem como, às melhores práticas do conteúdo de trabalho, possibilitadas pelo Trabalho Normalizado.

Em relação à "subordinação e sincronização do sistema com a restrição", a utilização de *Kanbans*, que regulam o fluxo, e o Balanceamento do sistema, auxiliam no sentido do cumprimento deste princípio.

No caso de ser necessário eliminar a restrição, podem ser aplicadas ferramentas *Lean*, que visam a manutenção pró-ativa dos equipamentos, nomeadamente o *Total Productive Maintenance* ou TPM

(Ferrari, Pareschi, Persona, & Regattieri, 2002), a redução dos tempos de *changeover*, denominada *Single Minute Exchange of Die* ou SMED (McIntosh, Culley, Mileham, & Owen, 2000), a prevenção de erros e defeitos, que consomem tempo e recursos (*Poka-Yoke*) e a automação dos processos (*Jidoka*). Desta forma, com a utilização destas ferramentas, consegue-se aumentar a cadência de produção, nas restrições.

O último princípio da TOC está alinhado com um dos principais conceitos da LP. Ambas as filosofias se regem pela melhoria contínua e pela reprodução cíclica das metodologias.

## 2.6 Indicadores de Desempenho

Segundo Juran & Gryna (1988), "Gerir é controlar e agir corretamente. Sem controlo, não há gestão. Sem medição não há controlo."

A medição de um sistema produtivo é feita através de indicadores de desempenho. Estes são considerados os sinais vitais de uma empresa, uma vez que, quantificam e qualificam a *performance* de um processo, avaliando o cumprimento dos objetivos, do mesmo (Hronec, 1994). Os indicadores de desempenho podem, ainda, fornecer informações sobre a relação existente entre eles, permitindo uma redefinição dos objetivos, bem como, a melhoria no processo de tomada de decisões (Rodriguez, Saiz, & Bas, 2009)

### 2.6.1 Taxa de Produção

A Taxa de Produção indica a velocidade de processamento de um determinado recurso. Este pode ser uma linha ou célula de montagem, um posto de trabalho ou uma máquina. A partir deste indicador, é possível ter uma perceção da cadencia de produção (Carvalho, 2006). Assim, este calcula-se através da relação entre volume diário e o tempo disponível associado a um dia de trabalho (Equação 4).

$$Taxa\ de\ Produção\ (uni/h) = \frac{Volume\ diário\ (uni)}{Tempo\ disponível\ (h)} \quad \text{Equação (4)}$$

### 2.6.2 Produtividade

Segundo Sink & Smith (1994), "Produtividade é a relação entre o *output* do sistema produtivo e o que é consumido para gerar esses *outputs*." Este é um indicador, que mede a eficiência com a qual se utilizam os recursos, para se obter os resultados (Carvalho, 2003). Desta forma, a Produtividade pode ser calculada através da Equação 5.



$$Produtividade (uni/h.h) = \frac{Volume\ diário\ (uni)}{Tempo\ disponível\ (h) \times N^o\ Operadores} \quad \text{Equação (5)}$$

No entanto, nos casos em que se pretende comparar a eficiência entre processos com diferentes TC, recorre-se ao cálculo da Produtividade segundo o conceito de produto equivalente. Nestas situações, é necessário calcular o Fator de Equivalência (Equação 6), para se conhecer os artigos equivalentes, produzidos no mesmo horizonte temporal, utilizando o mesmo número de recursos. Assim, é possível conseguir uma comparação eficaz da Produtividade entre os processos (Carvalho, 2003).

$$Fator\ de\ Equivalência = \frac{TC\ maior}{TC\ menor} \quad \text{Equação (6)}$$

### 2.6.3 OE

A Eficácia Operacional (OE) (Equação 7) mede a eficiência do sistema. Assim, este indicador, relaciona o Tempo Esperado para se fabricar uma determinada quantidade de produtos, ou seja, o valor da multiplicação entre o volume desejado e TC associado a esse produto, com o Tempo Real, sendo este, o tempo que realmente se demorou a produzir essa mesma quantidade (Delphi, 2011).

$$OE(\%) = \frac{Tempo\ Esperado\ (seg)}{Tempo\ Real\ (seg)} \quad \text{Equação (7)}$$

### 2.6.4 FTQ

Segundo ElMaraghy e Majety (2008), *First Time Quality* (FTQ) é definido pela percentagem de produtos bons, no volume total de produção. No entanto, para a Delphi (2011), o FTQ representa a percentagem de "artigos não bons à primeira". Desta forma, este indicador pode ser obtido através do quociente entre a quantidade de produtos não conformes e o volume total de produção (Equação 8)

$$FTQ(\%) = \frac{Produtos\ não\ conformes\ (uni)}{Total\ de\ produção\ (uni)} \quad \text{Equação (8)}$$

### 2.6.5 Eficiência do Sistema

A Eficiência do Sistema, ou *Line Efficiency*, é a razão entre o conteúdo de trabalho total, de um determinado produto, e o número de postos de trabalho, presentes na linha de montagem (Ponnambalam, Aravindan, & Naidu, 1999). Este indicador estima a utilização dos postos de trabalho, aferindo o valor percentual associado ao tempo disponível em cada um (Carvalho, 2013; Driscoll & Thilakawardana, 2001). A Eficiência do Sistema pode ser calculada segundo a Equação 9.

$$\text{Eficiência do Sistema (\%)} = \frac{\sum TC_{cada\ posto}}{TC_{sistema} \times n^{\circ} \text{ de postos de trabalho}} \quad \text{Equação (9)}$$

### 2.6.6 Índice de Planura

O Índice de Planura, ou *Smoothness Index*, permite analisar a similaridade da divisão do conteúdo de trabalho, pelos vários postos de uma linha de montagem. O balanceamento perfeito, de uma linha, seria caracterizado por um Índice de Planura igual a zero (Carvalho, 2013; Ponnambalam, Aravindan, & Naidu, 2000). Deste modo, este indicador pode ser obtido através da Equação 10.

$$\text{Índice de Planura} = \sqrt{\sum (TC_{sistema} \times TC_{cada\ posto\ de\ trabalho})^2} \quad \text{Equação (10)}$$

### 2.6.7 Cálculo de Capacidade

A Capacidade Produtiva representa o nível máximo de atividades de valor acrescentado, que um processo pode alcançar, sob condições normais, num determinado horizonte temporal (Slack, Chambers, & Johnston, 2002). Esta é determinada pela operação mais limitada, ou pelos recursos mais lentos, no sistema (Blackstone & Cox, 2002).

No entanto, segundo Peinado & Graeml (2007), existem quatro tipos de capacidade:

A Capacidade Instalada, que representa a capacidade máxima de um sistema produtivo, caso este opere, continuamente, sem paragens durante as 24 horas do dia.

A Capacidade Disponível (Equação 11), que caracteriza a capacidade máxima de um sistema produtivo, tendo em conta o número de horas de um turno e o número de turnos por dia.

$$\text{Capacidade Disponível (seg)} = \text{horas/turno} \times \text{turnos/dia} \times 60 \times 60 \quad \text{Equação (11)}$$

A Capacidade Efetiva (Equação 12), que desconta as paragens planeadas na Capacidade Disponível. Nesta caso, são tidos em conta, por exemplo, as paragens programadas para intervalos, para limpezas ou para a realização da ginástica laboral.

$$\text{Capacidade Efetiva (seg)} = \text{Cap. Disponível} - \text{Paragens Planeadas} \quad \text{Equação (12)}$$

E por fim, a Capacidade Realizada, que envolve a eficiência do sistema, ou seja, as paragens não planeadas, no cálculo de capacidade. Esta obtém-se através da relação entre a Capacidade Efetiva e o OE (Equação 13)

$$\textit{Capacidade Realizada (seg)} = \textit{Cap. Efetiva} \times \textit{OE} \quad \text{Equação (13)}$$

Contudo, para se medir a Utilização do sistema (Equação 15), em termos de capacidade, é fundamental conhecer a Capacidade Necessária (Equação 14). Esta representa o Tempo Esperado para se produzir um determinado artigo.

$$\textit{Capacidade Necessária (seg)} = \textit{Volume} \times \textit{TC} \quad \text{Equação (14)}$$

$$\textit{Utilização (\%)} = \frac{\textit{Cap. Necessária}}{\textit{Cap. Realizada}} \times 100 \quad \text{Equação (15)}$$



### 3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo apresenta-se a empresa, onde se desenvolveu a presente dissertação de mestrado. Assim, inicialmente, fez-se uma abordagem sobre o Grupo Delphi. Em seguida, consta a identificação e localização da Delphi Automotive Systems - Portugal S.A., contando com a contextualização histórica e a descrição dos seus produtos e principais clientes. Posteriormente, menciona-se a missão e políticas da empresa e elabora-se a descrição do sistema produtivo e do planeamento da produção.

#### 3.1 Grupo Delphi

O Grupo Delphi, sediado em Troy, Michigan, nos Estados Unidos da América, é considerado um dos maiores fornecedores de componentes, para automóveis, do mundo. O Grupo está presente em 270 localizações, dispersas por 32 países, e emprega um total aproximado de 160 mil pessoas, movimentando cerca de 12 mil milhões de euros por ano.

O Grupo Delphi está organizado num sistema matricial estruturado em cinco divisões: *Electrical/Electronic Architecture*, *Electronics & Safety*, *Powertrain Systems*, *Thermal Systems* e *Product & Service Solution*.

#### 3.2 Identificação e Localização

Em Portugal, o Grupo Delphi, está presente em quatro localizações, como se pode ver na Figura 10. Possui três Fábricas de Produção, situadas em Braga, Castelo Branco e no Seixal. E conta, ainda, com um Centro Tecnológico, no Lumiar.



Figura 10 - Localizações do Grupo Delphi, em Portugal

O trabalho em questão desenvolveu-se na Delphi Automotive Systems - Portugal S.A de Braga, que pertence à divisão *Electronics & Safety*.

O complexo industrial da Delphi, emprega cerca de 700 colaboradores. Este é formado por quatro edifícios (Figura 11), que abrangem uma área total de 16.700 m<sup>2</sup>. O Edifício 1 é destinado à produção de produtos finais e possui 9.600 m<sup>2</sup>. O Edifício 2 corresponde à produção de artigos plásticos e ao armazém de expedição, enquanto que, os Edifícios 3 e 4, têm como propósito o armazenamento de matérias-primas.



Figura 11 - Complexo industrial da Delphi (Fonte: [www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com))

### 3.3 Historial da Delphi Braga

Em 1965, Max Grundig, fundador da empresa eletrónica Grundig AG, instalou uma filial em Braga. Nessa altura, a produção destinava-se exclusivamente ao fabrico de transformadores.

Nos anos seguintes, a gama de produtos aumentou, passando a produzir-se televisores, auto-rádios e telefones. Até que, em 1990, a Grundig de Braga tornou-se uma unidade especializada, apenas, na produção de auto-rádios.

Em 2003, o grupo multinacional norte-americano Delphi, adquiriu a Grundig Car Intermedia System, unidade de negócios à qual pertencia a fábrica de Braga, que passou, assim, a ser denominada Delphi Grundig.

Em 2009, o portefólio de produtos estendeu-se a antenas e outros recetores. Enquanto que, em 2010, iniciou-se a produção de partes plásticas, que fornecem, não só, o complexo de Braga, mas também, outras fábricas Delphi à volta do globo.

Em 2011, a empresa passou a ser apelidada de Delphi Automotive Systems - Portugal S.A., nome que detém até hoje.

### 3.4 Produtos e Principais Clientes

A Delphi possui um vasto portefólio de produtos, de grande complexidade de fabrico, com características sofisticadas e de alta tecnologia, de modo a satisfazer os requisitos dos seus clientes. O desenvolvimento destes produtos está a cargo dos *Manufacturing Technical Centers*, presentes na América, Europa e China. Contudo, a maioria dos projetos produzidos em Braga, são desenvolvidos em TCK, na Polónia, ou em Nuremberga, na Alemanha.

A gama de produtos pode ser sintetizada em auto-rádios (1), sistemas de navegação (2), artigos de telemática (3), sistemas de receção (4) e componentes plásticos (5), respetivamente representados na Figura 12.



Figura 12 - Gama de artigos produzidos na Delphi Braga

Os artigos com maior volume de produção são os sistemas de receção, com uma percentagem de, aproximadamente, 65% do volume total, e os auto-rádios, com uma taxa 30%. No entanto, os produtos com maior importância para a empresa são os auto-rádios, pois representam, aproximadamente, 80% das receitas da organização. A Delphi Automotive Systems S.A. de Braga detém um valor de faturação anual que ronda os 285 milhões de euros.

A Delphi tem como clientes, os principais fabricantes de automóveis do planeta (Figura 13). Assim, o Volkswagen Group, a General Motors, a BMW Group, a FIAT Chrysler Automobiles e a AB Volvo, são os responsáveis pelo maior volume de encomendas feitas à empresa.



Figura 13 - Principais clientes

### 3.5 Missão e Políticas da Empresa

A missão da Delphi é "Ser reconhecido pelos nossos clientes como o seu melhor fornecedor, excedendo as suas expectativas". Para atingir este objetivo, a empresa rege-se por uma panóplia de políticas, que visam a melhoria continua e o constante desenvolvimento da organização. A excelência é a filosofia base da cultura da corporação e a chave para a satisfação do cliente. Assim, a excelência é o pilar das Políticas de Qualidade, Ambiente e Segurança.

#### 3.5.1 Política da Qualidade

A Delphi adota certos princípios de excelência, que funcionam como veículo para o sucesso e, conseqüente, cumprimento dos objetivos. A empresa foca-se no contentamento e entusiasmo dos clientes, reconhecendo os colaboradores como a sua maior valia, enaltecendo o respeito mútuo e promovendo o trabalho em equipa. A inovação e melhoria continua são filosofias constantes na mente



de todos os funcionários. A Delphi promove a eliminação de desperdícios e procura fazer bem à primeira, privilegiando a prevenção versus correção. A mudança é aceite como uma oportunidade.

### 3.5.2 Política Ambiental

A organização de Braga está empenhada em proteger a saúde humana, os recursos naturais e o ambiente em geral. Este compromisso vai para além do cumprimento da lei e abrange a integração de práticas ambientais sãs, na gestão diária da empresa. Nesse sentido, o Sistema de Gestão Ambiental é considerado parte integrante da gestão da firma.

### 3.5.3 Política de Segurança

Para a Delphi, a segurança é a primeira prioridade. O grupo assume um compromisso incontestável nos assuntos referentes à proteção da saúde e segurança de cada colaborador. A implementação de ações, que visem ajudar os colaboradores a usufruírem de um ambiente de trabalho saudável e livre de lesões, é responsabilidade de todas as chefias. Assim, com a colaboração de todos, acredita-se ser possível prevenir todos os incidentes.

## 3.6 Fluxo de Produção

O fluxo de produção da Delphi Automotive Systems está dividido entre os Edifícios 1 e 2. Como foi referido anteriormente, o Edifício 1 é responsável pela manufatura dos produtos finais, enquanto que, o Edifício 2, está encarregue de fabricar as partes plásticas, usadas na montagem final dos produtos.

A matéria-prima é enviada pelos fornecedores, dando entrada no armazém. De seguida, o material necessário, para a execução dos vários processos, é enviado para os respetivos edifícios e inicia-se, simultaneamente nos dois locais, o processo produtivo da empresa, como se pode constatar na Figura 62 presente no Anexo I – *Connectivity Map*.

No Edifício 2, o fabrico das peças plásticas está dividido por três secções, sendo estas as Secções de Injeção, Pintura e Montagem Final.

A Secção de Injeção (Figura 14) é onde tem início o processo produtivo responsável pela produção de componentes plásticos. Esta área conta com doze máquinas de injeção, sendo que, dez são de injeção normal e duas de bi-injeção, isto é, injeção de dois materiais diferentes.



Figura 14 - Área parcial da Secção de Injeção

Depois da conformação das peças, estas são transportadas para a Secção de Pintura (Figura 15), sendo o processo, neste setor, caracterizado por quatro etapas.

Inicia-se pela fase de carregamento, onde as peças são preparadas para serem pintadas. Isto é, são colocadas em redes ou em *jigs* (bases que fixam as peças na orientação correta para a pintura). Na etapa seguinte, as partes passam por um processo de limpeza, que assegura a eliminação de impurezas e a qualidade da fase seguinte, a fase de pintura das unidades. Nesta secção, estão disponíveis duas máquinas de pintura automática.



Figura 15 - Área parcial da Secção de Pintura

Após serem pintadas, as peças vão para estufas de aquecimento, para que a tinta seque, obtendo-se a devida aderência e a qualidade esperada. Este setor possui quatro estufas de aquecimento, que garantem capacidade para oito "carros de pintura" (estruturas que suportam as redes ou os jigs). A última etapa desta secção é a inspeção da pintura, onde todas as peças são controladas e analisadas, de modo a detetar defeitos de fabrico, antes de prosseguirem para montagem final.

A última secção do processo produtivo, no Departamento dos Plásticos, é a Montagem Final (Figura 16). Nesta área estão presentes duas linhas de montagem, onde se desenvolve a montagem manual de peças, a cravação a quente, a gravação a laser, a inspeção final e o embalamento das unidades.



Figura 16 - Linha de Montagem do Departamento dos Plásticos

Relativamente ao processo produtivo adotado no Edifício 1, este está dividido em três secções de produção, a Montagem Automática, o *Sticklead* e a Montagem Final. Contudo, ainda, com um armazém de matéria-prima e produtos intermédios. A Figura 17 apresenta o *layout* do Edifício 1, neste é compreensível a disposição dos vários setores, contudo no Anexo II – *Layout* do Sistema Produtivo apresenta-se a mesma figura, em maior dimensão, permitindo uma melhor perceção do conteúdo e organização física de cada secção.

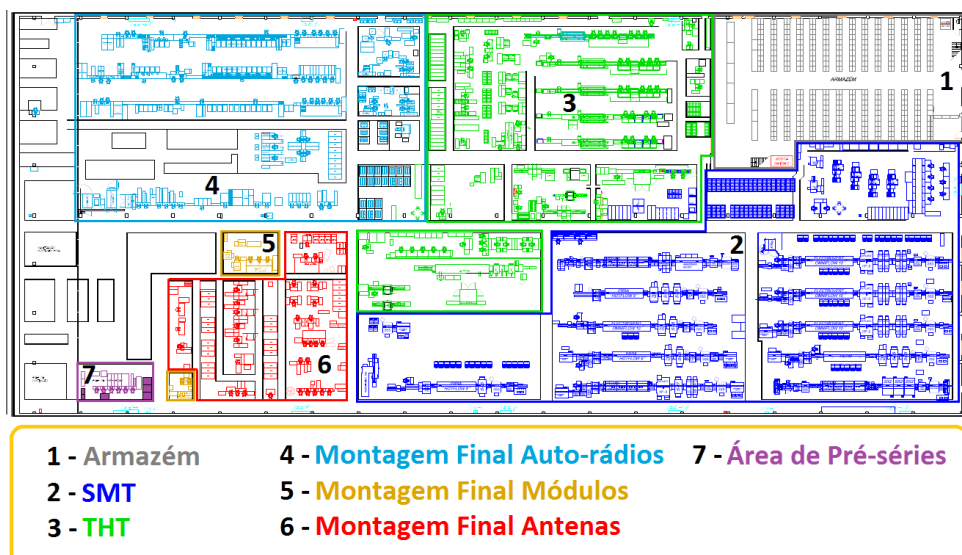


Figura 17 - Layout do Edifício 1

O sistema produtivo de produtos finais inicia-se na Montagem Automática ou *Surface Mount Tecghnology* (SMT) (Figura 18). O processamento, nesta área, começa com o *Lazer Marking*, que imprime códigos *Quick Response* (QR) e Lineares, nas *Printed Circuit Boards* (PCB). Estes códigos, permitem a rastreabilidade e gravação do histórico de montagem, durante todo processo. Em SMT, estão disponíveis quatro máquinas *Lazer Marking*.



Figura 18 - Secção SMT

Esta secção de produção possui, ainda, onze linhas, responsáveis pela inserção de circuitos elétricos nas PCB. Cada linha contém máquinas de inserção automática, que colocam componentes "*Surface Mounting Device*" (SMD) nos *arrays* de PCB (conjunto de placas de circuito impresso).

A jusante da inserção, em cada linha, está presente uma máquina *Automated Optical Inspection* (AOI), que verifica a qualidade das placas e dos respetivos componentes, através de uma inspeção visual. Após a inspeção, os *arrays* são agrupados em *containers* e armazenados num supermercado, localizado entre o SMT e a secção seguinte.

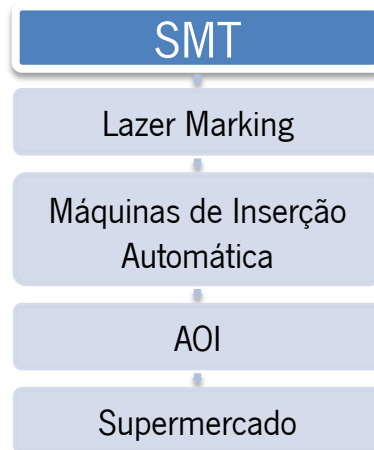


Figura 19 - Processo produtivo em SMT

A área seguinte do processo produtivo da empresa é o *Sticklead* ou *Through Hold Technology* (THT). Esta divisão é responsável pela colocação manual de componentes nas PCB, que, por diversas razões, não podem ser introduzidos nas máquinas de inserção automática.

As placas, que estão acumuladas em *arrays*, precisam de ser "singuladas", isto é, há necessidade de extrair o PCB em excesso, que serve de suporte às várias placas presentes no *array*. Na secção, estão disponíveis três singuladoras, sendo que, uma delas apenas é utilizada quando as duas em funcionamento não satisfazem a capacidade desejada. Em seguida, as placas são enviadas, em tabuleiros, para as linhas de montagem.

Quando uma placa entra em produção, é feita a leitura do código QR, contido na mesma, e colocada numa palete. As paletes são suportes, que protegem a placa, acompanhando-a até ao final da linha. Posteriormente, o conjunto placa/paleta passa por dois postos de montagem manual de componentes, seguindo-se uma fixação mecânica dos componentes, denominada *Clinch*. O conjunto sofre, ainda, um processo de soldadura, que fixa os elementos através de ondas de solda. O último posto da linha de montagem é a inspeção visual, onde se verifica, visualmente, a conformidade da placa.

Esta secção contém cinco linhas de montagem (Figura 20), sendo que, como no caso das singuladoras, somente quatro linhas são utilizadas. A restante linha apenas se utiliza em caso de falta de capacidade.



Figura 20 - Linha de Montagem da Secção THT

No *Sticklead*, a jusante das linhas de montagem, encontram-se os *In Circuit Test* (ICT). Estes são sistemas de teste, onde sondas elétricas testam os PCB e os componentes associados, à procura de curto-circuitos, aberturas e resistências nas placas.

No final desta secção, há quatro células de pré-montagem, que preparam os produtos intermédios, para a entrada no processo produtivo da Secção de Montagem Final. Após esta pré-montagem, os artigos são armazenados num supermercado, localizado entre o THT e a Montagem Final.

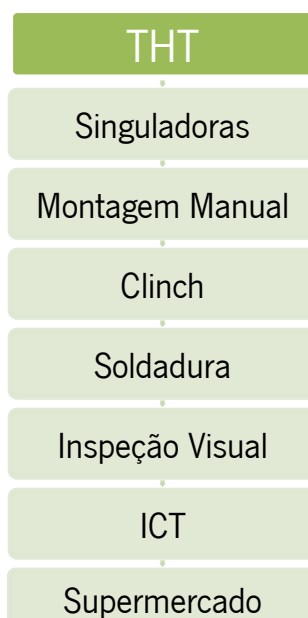


Figura 21 - Processo produtivo em THT

A última secção do sistema produtivo é a Montagem Final. Assim, após o processamento efetuado nesta área, os produtos estão prontos para serem enviados para o cliente. Este setor é decomposto em

três divisões, sendo elas, a Montagem Final de Auto-rádios, a Montagem Final de Antenas e a Montagem Final de Módulos.

Na Montagem Final de Auto-rádios, estão presentes três células de pré-montagem de *trimplates* (painel frontal do auto-rádio), e uma célula de pré-montagem de mecanismos (leitor de CD), que preparam os respectivos materiais, para a entrada nas linhas de montagem final. Em seguida, ambos os materiais, são depositados em supermercados distintos.

Esta zona, engloba, ainda, cinco linhas de montagem final (Figura 22), responsáveis pela produção total de auto-rádios, na empresa. Cada linha de montagem é precedida por uma linha de testes, que verifica a conformidade dos artigos.



Figura 22 - Linha de Montagem final e Linha de Testes

O material chega às linhas de montagem, vindo dos supermercados do THT, de mecanismos e de *trimplates*. Estas, estão balanceadas para seis postos de trabalho, que realizam a montagem dos aparelhos. Em seguida, os auto-rádios passam por uma serie de testes, que se encontram a jusante da montagem. Caso os aparelhos completem os testes sem ocorrência de erros, são etiquetados e embalados, estando assim, prontos para expedição.

A Montagem Final de Antenas, Figura 23A, conta com quatro linhas de montagem, e tem um processo semelhante ao da Montagem Final de Auto-rádios, com postos de montagem manual de unidades e uma zona de testes e embalagem do produto.

Na Montagem Final de Módulos, Figura 23B, existem duas células de montagem, que produzem produtos de varias marcas.



Figura 23 - A) Linha de Montagem Final de Antenas; B) Célula de Montagem Final de Módulos

### 3.7 Planeamento da Produção e Fluxo de Informação

O planeamento da produção, na Delphi, é estruturado em três níveis de horizonte temporal (Figura 24). Inicialmente, é executado o Plano Estratégico, projetado para cinco anos, seguindo-se o Plano Operacional, que apresenta o panorama de fabrico anual, e por último, o Plano Tático, que anuncia os volumes de produção diários, para as respetivas semanas.



Figura 24 - Níveis do Planeamento da Produção

No que diz respeito ao Plano Estratégico (Figura 25), este é realizado pelo Departamento de Engenharia, uma vez que este é o departamento responsável pela introdução e lançamento de novos projetos. A informação correspondente aos volumes de produção, é fornecida por entidades especializadas da Delphi, localizadas na Alemanha e nos Estados Unidos da América. Através de um



ficheiro *Excel*, denominado "*SPS Summary*", os volumes de produção são transmitidos, com uma projeção para cinco anos, como foi referido anteriormente.

Numa fase posterior à receção deste ficheiro, a informação nele contida, sofre um processo de tratamento, de maneira a estimar-se a capacidade necessária para produção. Seguidamente, a capacidade necessária é comparada com a capacidade instalada. Se a instalada for superior, então o processo existente está apto, para responder aos pedidos do cliente. No caso de ser inferior, terá que se efetuar uma análise da situação e recorrer a políticas de aumento de capacidade, como por exemplo, a implantação de mais linhas de montagem ou o investimento em máquinas.

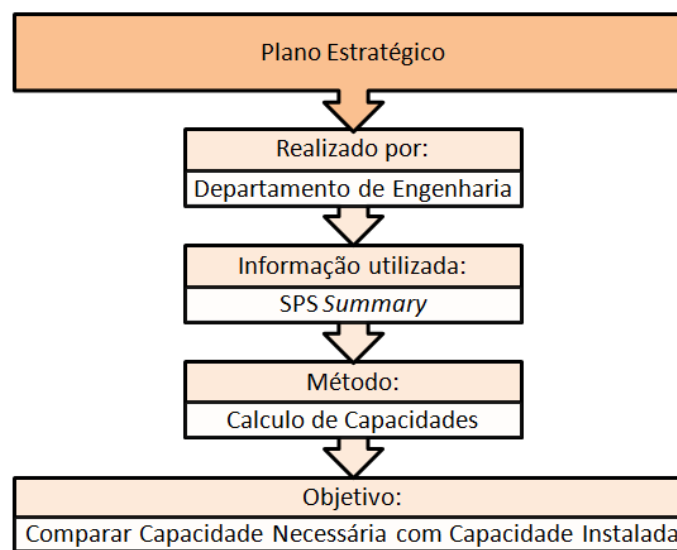


Figura 25 - Esquema do Plano Estratégico

Em relação ao Plano Operacional (Figura 26), este é efetuado pelo Departamento de Planeamento e Controlo Logístico. Tal plano é revisto diariamente, para um espetro de um ano.

Os primeiros cinco meses do ano, são planeados com base nos pedidos de encomenda. No entanto, o planeamento do resto do ano, é feito com base em previsões fornecidas pelos clientes, isto é, o que eles preverem como vendas, a Delphi prevê como produção. A empresa utiliza o protocolo de comunicação *Electrical Data Interchange* (EDI), para trocas de informação com os compradores. Quando há uma atualização nas encomendas, essa informação é transmitida segundo o EDI, chegando à empresa convertido em linguagem habilitada para o software SAP, que é um sistema integrado de informação.

Para executar o Plano Operacional, no que diz respeito aos primeiros dois meses de produção de encomendas, o planeamento é efetuado manualmente utilizando o software *Microsoft Excel*. Este plano

tem em consideração os pedidos já existentes, assim como, os recursos necessários para a produção dos mesmos.

Em seguida, esses dados são introduzidos no SAP, que, como tem um módulo com *Material Requirement Planning* (MRP) integrado, simula o Plano Operacional, para os restantes meses do ano. Dado que, a Delphi adota uma política de produção nivelada, com mistura de artigos nas linhas de produtivas, o Plano Operacional tem como base, o nivelamento de produção misturada.

Posteriormente, o responsável logístico interpreta o plano sugerido pelo SAP, decidindo se o aceita, se aplica melhorias ou se o rejeita por completo. Assim, o responsável logístico pelo planeamento, todos os dias, verifica as atualizações semanais dos clientes, em relação às encomendas, e averigua o que está planeado produzir. Em seguida, se necessário, realiza ajustes de acordo com a capacidade e o material existente e confere se há atrasos na produção, que impliquem reposição de ordem.

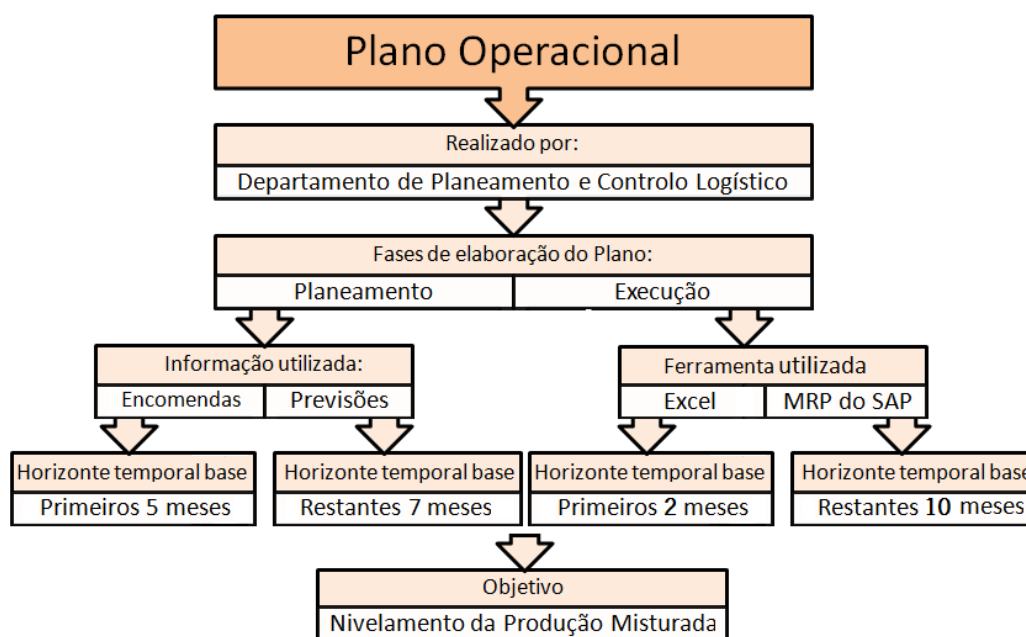


Figura 26 - Esquema do Plano Operacional

Relativamente ao Plano Tático ou Plano Diário (Figura 28), este é responsável pelo lançamento de ordens de produção. Nesse sentido, o planeamento é feito com o *feedback* dos chefes de linha, que em conjunto com os responsáveis da logística, definem a sequência das ordens de produção, de maneira que, o sequenciamento definido no início do dia pode ser alterado, conforme vão surgindo obstáculos à produção dos artigos que anteriormente se planeavam produzir. Isto confere uma maior flexibilidade na manufatura dos produtos.

As ordens de produção podem ser expressas quer por manifestos, quer por *kanbans*. Nas linhas de montagem aplicam-se os manifestos (Figura 27), porque se trata de uma fase de produção diversificada, com misturas de artigos. Ou seja, quando há levantamento de um produto, não significa que o mesmo será produzido no momento seguinte. Isto dificulta a utilização de *kanbans* nestes processos.



Figura 27 - Exemplo de um manifesto

No entanto, na montagem de mecanismos e *displays*, as ordens de produção são traduzidas por *kanbans*. Como se trata de processos em que o material consumido é igual para todos os aparelhos, quando se gasta uma determinada quantidade, é necessário ser reposta essa mesma quantidade. Em ambos os métodos, manifestos e *kanbans*, o lote definido para as ordens de produção, é de doze unidades.

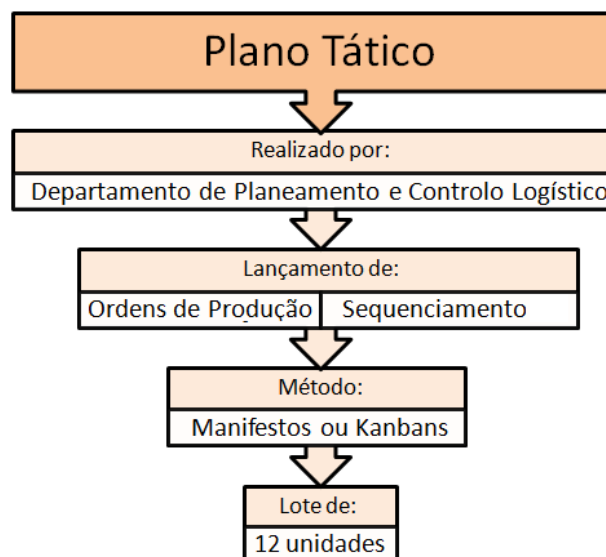


Figura 28 - Esquema do Plano Tático



## 4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DO SISTEMA PRODUTIVO ATUAL

Neste capítulo, inicialmente, faz-se a descrição completa do sistema em estudo, de modo a se obter o conhecimento necessário, para, posteriormente, se analisar criticamente o mesmo, salientando os problemas identificados.

### 4.1 Caracterização do Sistema

Na Secção de Montagem Final de Auto-rádios, o fluxo produtivo é composto pelas células de pré-montagem, pelas linhas de montagem final e pelas linhas de teste. As células de pré-montagem, preparam os produtos intermédios, nomeadamente, os *trimplates* e os mecanismos. Na Figura 29, as células de *trimplates* são representadas, respetivamente por C1, C2, C3 e PI, sendo que, este último, ilustra o posto individual de montagem dos *trimplates* da marca D. Quanto à célula de mecanismos, esta é assinalada, na Figura 29, pela letra M.

Posteriormente, os artigos provenientes das células, abastecem as linhas de montagem, onde são montados os aparelhos (Figura 29). O sistema em estudo, é composto por três linhas de montagem final, sendo estas, a L1, L2 e L3, indicadas na Figura 29.

Em seguida, os auto-rádios seguem para as linhas de teste, onde são avaliados conforme os requisitos do cliente. As linhas de teste, identificadas por T1, T2 e T3, na Figura 29, encontram-se imediatamente a jusante das linhas de montagem, formando, fisicamente, linhas únicas, sem a existência de *buffers* entre elas.

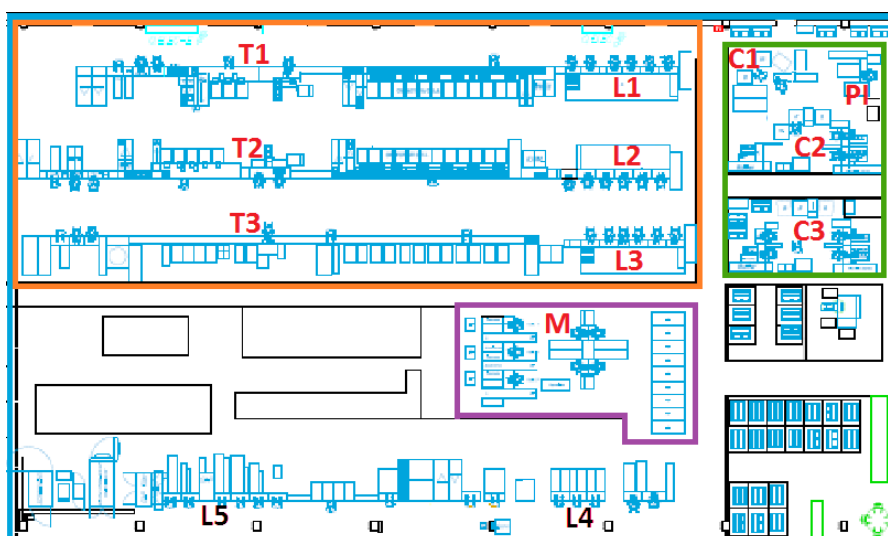


Figura 29 - Área em estudo, da Secção de Montagem Final de Auto-rádios

#### 4.1.1 Linhas de Montagem Manual

No que diz respeito à composição das linhas de montagem final de auto-rádios, estas são, estruturalmente, semelhantes entre elas, sendo compostas por seis postos de montagem manual (Figura 30), que variam no conteúdo de trabalho, conforme os modelos a produzir. Esta variação, não existe apenas entre linhas, o que significa que, modelos fabricados na mesma linha, podem ter conteúdos de trabalho diferentes, no mesmo posto de trabalho.



Figura 30 - Postos de trabalho de uma linha da montagem final de auto-rádios

As linhas em questão, são dotadas de grande flexibilidade, permitindo que não se dediquem, apenas, a uma marca de produtos. Na linha 1, atualmente, são desenvolvidos aparelhos para as marcas "A" e "B", enquanto que, a linha 2 é responsável pela produção de auto-rádios "C" e "D". Por último, a linha 3 dedica-se, essencialmente, à produção de artigos "E", devido ao elevado tempo de ciclo que caracteriza este produto. No entanto, a linha 3 possui a mesma flexibilidade que as anteriores, encontrando-se habilitada para fabricar produtos "C".

Na Figura 31, pode-se constatar os modelos, correspondentes a cada marca de auto-rádios, produzidos nas três linhas de montagem em estudo. Contudo, em prol da proteção de informação privilegiada, de modo a não por em causa a integridade da empresa, adotaram-se códigos em detrimento dos nomes verdadeiros dos produtos. Desta forma, será possível a utilização de volumes e tempos associados aos processos, reais. Nesse sentido, as letras representam a marca do produto, e os números, os respetivos modelos.

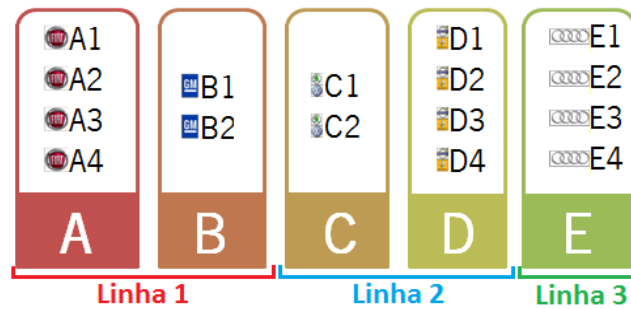


Figura 31 - Marcas e modelos dos produtos

#### 4.1.2 Linhas de Teste

Após a montagem final dos auto-rádios, segue-se um conjunto de testes, que verificam a conformidade e qualidade dos aparelhos. Estes testes são denominados *Tests Like Costumer* (TLC), uma vez que, simulam a utilização feita pelo consumidor final, nos produtos. Caso um aparelho não seja aprovado em alguma fase desta linha, este deve ser testado novamente e enviado para a reparação, caso volte a reprovar.

Os TLC iniciam-se com um posto denominado Iluminação, Figura 32A. Neste, o aparelho é inserido na *cross unit*, isto é, na unidade de teste que *conecta* os aparelhos às máquinas. Esta unidade contém a ligação elétrica necessária para conexão do auto-rádio. Após a inserção na *cross unit*, fecha-se a tampa da máquina e o aparelho permanece numa camera escura, onde vai ser efetuada a verificação da luminosidade dos botões e do *display*. Para o artigo ser aprovado, a luminosidade tem que se encontrar entre os valores predefinidos, para o respetivo modelo.

O teste seguinte é o Objetivo Elétrico, Figura 32B, onde se testam os alinhamentos elétricos do aparelho. O operador *conecta* o auto-rádio à *cross unit* da máquina, insere um SD *card* e um CD e a máquina inicia os testes. Esta verifica o acesso e o estado do SD *card* e do CD, simula uma chamada para analisar o *bluetooth*, realiza ajustes de frequências AM e FM, e efetua, ainda, testes ao ruído no aparelho.

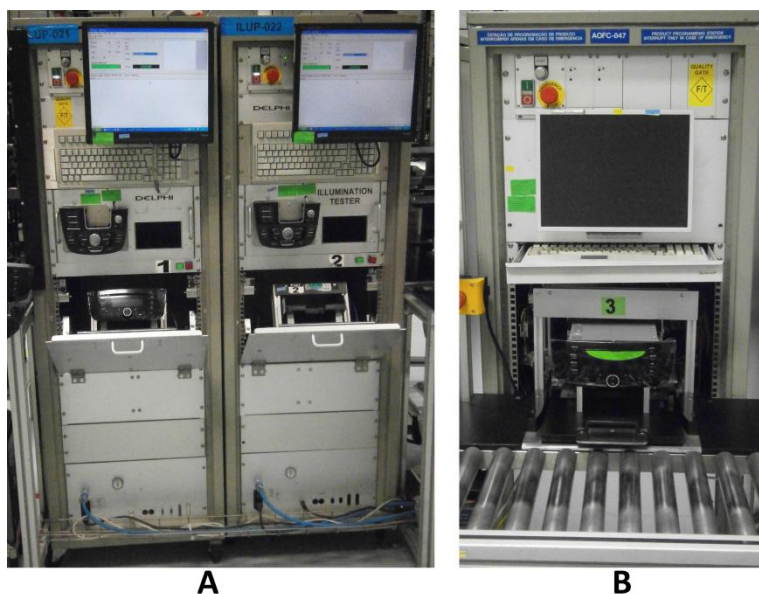


Figura 32 - A) Máquinas de Iluminação; B) Máquina do Objetivo Mecânico

Em seguida, no posto do Subjetivo Elétrico, Figura 33A, o operador faz, subjetivamente, a avaliação ao aparelho. Nesse sentido, a aprovação ou rejeição do produto, depende, totalmente, do julgamento feito pelo operário. Este testa a funcionalidade elétrica e mecânica dos botões, e verifica a qualidade do *display*.

O último teste de interação elétrica/programática, com o aparelho, denomina-se Programação, Figura 33B. Neste posto, é inserido, no auto-rádio, o conteúdo programático, de acordo com a marca e modelo. Ao contrário dos testes realizados anteriormente, onde há um colaborador dedicado a cada posto, o colaborador responsável pela Programação está, também, alocado ao posto de Etiquetagem.

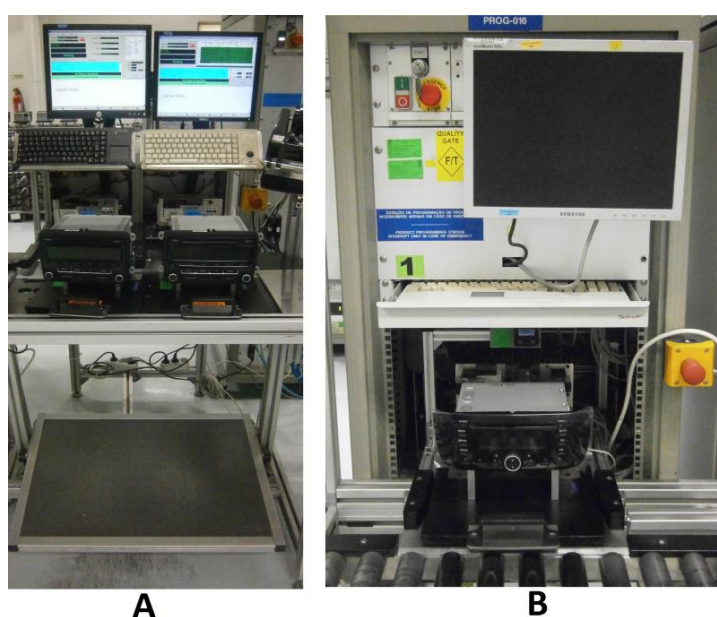


Figura 33 - A) Posto Subjetivo Elétrico; B) Máquina de Programação



A Etiquetagem, Figura 34A, é a colocação da etiqueta do cliente, no aparelho. Esta contém vários indicadores, tais como, a marca, o modelo, o local de fabrico e de destino, o número de série e o código linear.

Posteriormente, encontra-se o posto da *Automated Vision Inspection (AVI)*, Figura 34B, onde se realiza a inspeção visual do aparelho. Esta é efetuada através de técnicas de visão artificial, utilizando câmaras de alta resolução e algoritmos de processamento de imagem. O equipamento mede e verifica, se o auto-rádio está, visualmente, em conformidade.

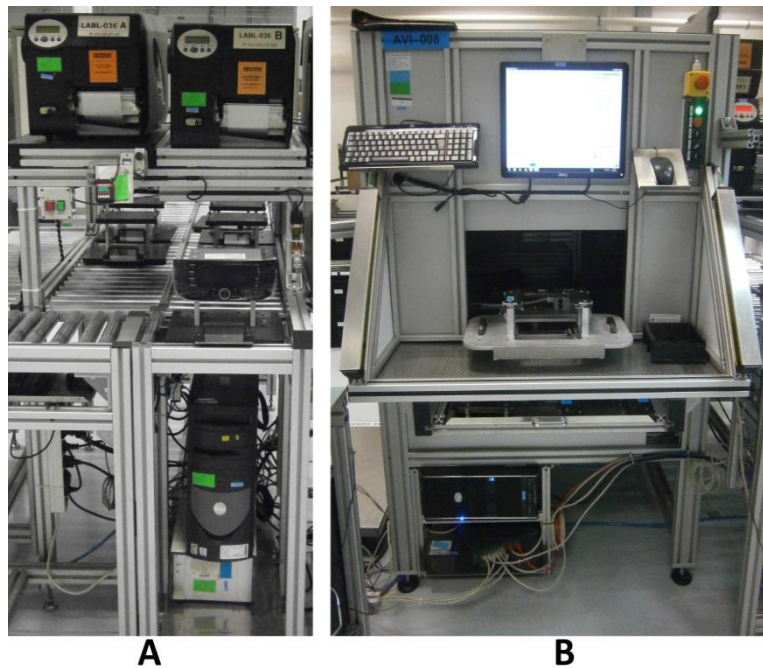


Figura 34 - A) Posto de Etiquetagem; B) Máquina AVI

O posto seguinte é o Subjetivo Mecânico, Figura 35A, destinado à verificação mecânica e apreciação estética do aparelho. Assim como no Subjetivo Elétrico, a avaliação é da responsabilidade do colaborador. Este faz a limpeza do *trimpla* e do *display*, para eliminação de gorduras, e examina se os botões giratórios apresentam uma rotação normal.

O último posto das linhas de teste é o Embalamento, Figura 35B. Cada marca exige um processo de embalamento diferente, conforme as especificações do cliente. A partir do momento em que são embalados, os aparelhos estão prontos para serem colocados em paletes e enviados para expedição.

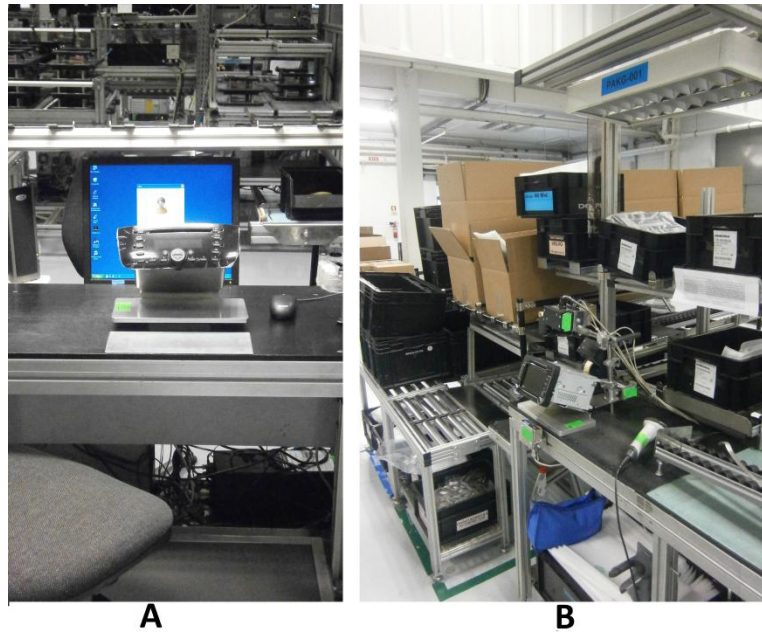


Figura 35 - A) Posto Subjetivo Mecânico; B) Posto de Embalamento

Assim como nas linhas de montagem final, a organização estrutural das linhas de teste são semelhantes entre si. De um modo geral, as diferenças estão no número de máquinas alocadas, por posto, em cada linha. No entanto, há algumas particularidades nos postos de trabalho de cada linha, dependendo do modelo que estão a produzir.

Um desses casos, é a existência de um posto de Gravação, apenas para os aparelhos da marca C, na linha 2. O cliente exige a presença da marca, modelo e número de série, gravados no caixilho do aparelho, no entanto, o operador encarregue desse processo, é o mesmo que ocupa o posto de Programação e Etiquetagem.

Na linha 1, há, também, a inclusão de um posto de trabalho extra, destinado à colocação do passaporte (livrete com o código de acesso e informação extra sobre o auto-rádio) nos produtos da marca A. Assim, neste posto, o passaporte é impresso, colocado num saco protetor e fixado à tampa superior do aparelho, sendo que, este conteúdo de trabalho, obriga à alocação de mais um colaborador na linha.

A última diferença na estrutura das linhas de teste, é a carência de uma máquina AVI na linha 1. Isto torna o Subjetivo Mecânico, dessa linha, essencial, pois é o único local onde é efetuado o controlo visual da superfície externa do aparelho.

A Tabela 2 apresenta o número de pessoas e máquinas, alocadas a cada posto, nas linhas de teste, consoante a marca, que estas estão a produzir.

Tabela 2 - Lista de recursos utilizados nas linhas de teste

	Linha 1				Linha 2				Linha 3	
	A		B		C		D		E	
	Maq.	Op.	Maq.	Op.	Maq.	Op.	Maq.	Op.	Maq.	Op.
Iluminação	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
Objetivo Elétrico	12	1	12	1	12	1	12	1	13	1
Subjetivo Elétrico	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
Programação	4	0,5	4	0,5	5	0,333	5	0,5	7	0,5
Gravação	-	-	-	-	3	0,333	-	-	-	-
Etiquetagem	1	0,5	1	0,5	1	0,333	1	0,5	1	0,5
Passaporte	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
AVI	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1
Subjetivo Mecânico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Embalamento	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

#### 4.1.3 Células de *Trimplates* e Mecanismos

Como foi referido em capítulos anteriores, existe uma célula de pré-montagem de mecanismos e três de *trimplates*, que manufacturam estes produtos intermédios, preparando-os para a entrada nas linhas de montagem final de auto-rádios.

Em relação à célula de mecanismos (Figura 36), esta é composta por três postos de montagem, sendo que, cada posto "alimenta" uma linha de produção. Além disso, conta, ainda, com duas estações de teste, que verificam a qualidade dos produtos manufacturados na célula. Após o fabrico dos mecanismos, estes são agrupados em lotes de doze unidades e colocados num supermercado, localizado nas imediações da célula. Este contém, apenas, a quantidade de segurança, de lotes, dado que, o TC dos mecanismos é inferior ao TC dos auto-rádios, permitindo assim, o abastecimento direto, das células de mecanismos para a montagem final.



Figura 36 - Célula de Mecanismos

No que diz respeito à área de pré-montagem de *trimplates* (Figura 37), como anteriormente mencionado, esta é composta por três células, existindo, no entanto, um posto de trabalho independente, responsável pela manufatura de uma marca de produtos.

A célula 1, é composta por dois postos de trabalho, sendo um encarregue pela montagem manual das partes e outro constituído por *robots*. Estes realizam o aparafusamento das placas de serviço, no painel plástico dos *trimplates*. Nesta célula estão presentes dois *robots*, programados para fabricar produtos das marcas A e B.

Quanto à célula 2, esta é responsável pela produção de artigos para a marca C, contendo quatro postos de trabalho, sendo estes, três de montagem manual de componentes e um com três *robots*.

Os produtos que abastecem a linha de montagem 3 (marca E), são fabricados na célula 3. Esta opera com cinco postos de trabalho, dos quais, quatro são de montagem manual de elementos e um dedicado ao aparafusamento recorrendo a *robots*, estando presentes três *robots* nesta célula.



Figura 37 - Célula de *Trimplates*

Relativamente ao posto de trabalho independente, situado na área de pré-montagem de *trimplates*, este fabrica, apenas, produtos para a marca D. Este método foi selecionado, em detrimento da criação de uma outra célula, porque se trata de um produto de simples manufatura e com volumes reduzidos, em relação às outras marcas.

O fluxo de materiais nesta divisão, é semelhante ao da célula de mecanismos, uma vez que, existe um buffer de *trimplates*, entre as linhas de montagem final e as células. No entanto, esse supermercado contém apenas quantidades de segurança, e abastece, diretamente, através da técnica *First in, First Out* (FIFO), as linhas de montagem final de auto-rádios.

#### 4.1.4 Força Laboral

O número de colaboradores alocados no sistema em estudo, está relacionado com o número de postos de trabalho, que cada marca de auto-rádios necessita. Há, também, alguns casos, em que o mesmo trabalhador, é responsável por mais do que uma linha ou célula, como é notório na Tabela 3. A partir da mesma, é possível verificar que o sistema, geralmente, engloba, por turno, 69 operadores. Excetuando quando a linha 1 produz aparelhos da marca B, que estão presentes, apenas, 68 operários.

Tabela 3 - Alocação de operadores na Secção de Montagem Final de Auto-rádios, por turno

			Nº Operadores							
			Diretos				Indiretos			
Área	Local	Marca	Mont. Manual	Testes	Robots	Versátil	Abast. Int.	Abast. Ext.	Trans. de kits	Chefes de Linha
Montagem final	Linha 1	A	6	7	-	1	1	1	1	2
		B	6	6	-					
	Linha 2	C	6	7	-		1			
		D	6	7	-					
	Linha 3	E	6	7	-		1		1	2
Mecanismos	Célula	A, B, C, D, E	3	2	-	1	-	-	2	
Trimplates	Posto Individual	D	1	-	-	1	1	1	-	1*
	Célula 1	A	2	-	1				-	
		B								
	Célula 2	C	3	-	1				-	
Célula 3	E	4	-	1	-	1**				

\*O mesmo da linha 1 de montagem final; \*\*O mesmo das linhas 2 e 3 de montagem final

A força laboral está dividida em operadores diretos e indiretos. Os diretos são os que intervêm, diretamente, no aparelho, ou seja, montam componentes, controlam os *robots*, realizam os testes ou embalam o produto final. Os operadores indiretos são os responsáveis pelo abastecimento de material e os chefes de linha. Consideram-se indiretos, porque não têm contacto direto com o produto, no entanto, são igualmente necessários para o fabrico dos mesmos.

Relativamente aos operadores diretos, na montagem manual, estão destacados seis operários, para cada uma das três linhas de montagem final de auto-rádios. Contudo, nas linhas de teste, o número de colaboradores varia, consoante a linha e a marca do aparelho. Na linha de teste 1, como não existe o posto da máquina AVI, para os auto-rádios da marca B, esta funciona com seis operadores. Porém, para os produtos A, a mesma linha, opera com sete trabalhadores, devido à exigência de mais uma pessoa, para o posto onde se insere o passaporte. Em relação às linhas de teste 2 e 3, o número de operários é igual, ou seja, estão presentes sete colaboradores.

Nas células de pré-montagem de *trimplates*, o número de colaboradores diretos, varia com o número de postos de trabalho, presentes em cada célula. Desta forma, a célula 1 ocupa dois operadores nos postos de montagem manual e um nos *robots*, a célula 2 emprega três na montagem manual e um

nos *robots*, e a célula 3 necessita de quatro trabalhadores na montagem manual e um nos *robots*. O posto individual de manufatura de *trimplates* do produto D, conta, apenas, com um funcionário.

Na célula de mecanismos, a designação do número de operadores está, também, diretamente ligada com o número de postos de trabalho. Assim, esta célula envolve três colaboradores para os postos de montagem manual e dois para os postos de testes.

O operador "versátil" faz, igualmente, parte do grupo de trabalhadores diretos. O "versátil" é um operário com o *know-how* necessário para substituir um funcionário, de qualquer posto de trabalho, no caso de este, por qualquer razão, precisar de se ausentar do seu lugar. Nesse sentido, existe um operador "versátil" para as linhas de montagem final e um para as células de pré-montagem.

Quanto aos colaboradores indiretos, a sua alocação está diretamente relacionada com o *layout* das linhas de montagem final, das células de pré-montagem e dos supermercados respetivos. A disposição das áreas afetadas é importante, porque possibilita estabelecer rotas de abastecimento com menor distância nas movimentações e transportes.

A linha 1 e 2 partilham a mesma zona de abastecimento, isto é, o bordo de linha de uma, está direcionado para o bordo de linha da outra, como é visível na Figura 38. Isto permite que, o operador responsável pelo abastecimento interno (colocação do material necessário para a produção, no bordo de linha) dessas linhas, representado a vermelho na Figura 38, seja o mesmo. De forma a otimizar o tempo de trabalho do colaborador que abastece a linha 3, este foi alocado à célula de mecanismos, enquanto que, nas células de *trimplates*, há um operário destacado, exclusivamente, para a realização do abastecimento dessa área.

Em relação ao abastecimento externo, isto é, o transporte de material alocado no armazém, para junto das linhas, este é feito por uma única pessoa, representado a azul na Figura 38. O colaborador, embora cubra uma grande superfície, tem capacidade para garantir, que o material situado no armazém, seja transportado para toda a área representada na Figura 38.

Os operadores que transportam os *kits* das linhas de teste (afigurados a verde na Figura 38) foram definidos com a mesma lógica aplicada na rota de abastecimento interna. Os *kits* são bases onde se apoiam os aparelhos, de modo a transporta-los, com segurança, ao longo das linhas de teste. Estes *kits* necessitam de ser conduzidos de volta ao início da linha, para reiniciarem o processo de deslocação dos aparelhos. Na Figura 38 é perceptível o fluxo dos *kits*, sendo que, a seta roxa

caracteriza a utilização dos mesmos, por parte das colaboradoras alocadas nas linhas de teste, enquanto que, a seta verde representa o retorno dos *kits* à situação inicial.

No que concerne aos chefes de linha, ilustrados a castanho na Figura 38 estes são destacados de acordo com uma estratégia proposta pela chefia do Departamento de Produção. Assim sendo, um dos chefes, é responsável pela linha de montagem final 1, pelas células de *trimplates* 1 e 2 e pelo posto individual de *trimplates*. Outro, orienta os colaboradores das linhas 2 e 3, da célula 3 de *trimplates* e da célula de mecanismos. Por fim, há dois chefes de linha que controlam as linhas de teste, um na linha 1, enquanto que, outro supervisiona as linhas 2 e 3.

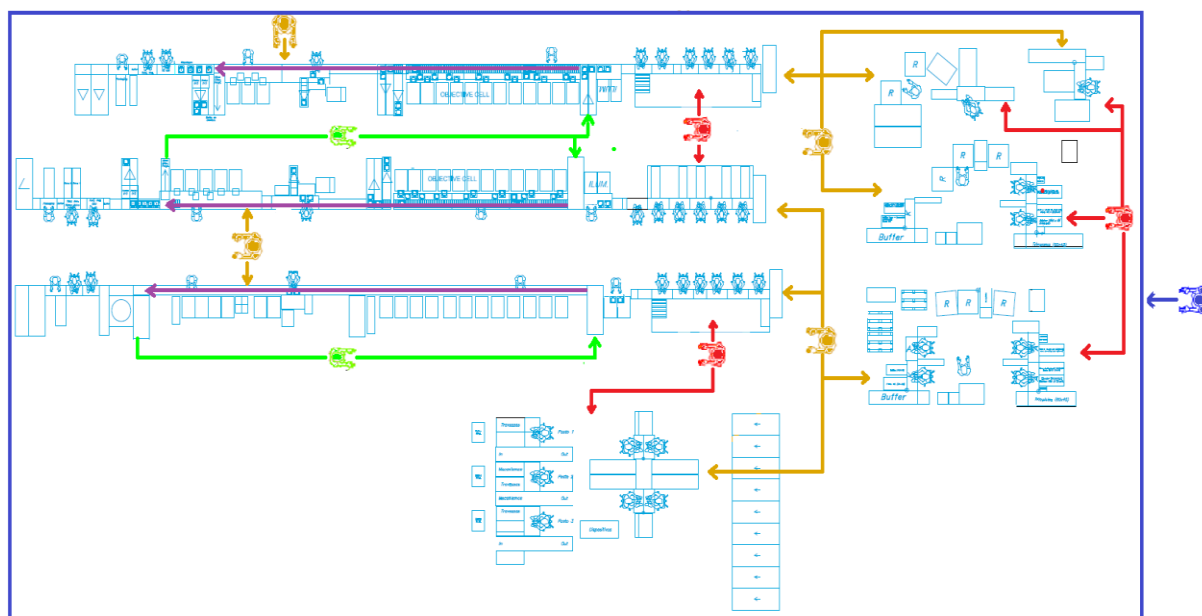


Figura 38 - Alocação dos trabalhadores indiretos

#### 4.1.5 Lista de Materiais

Os elementos que integram o auto-rádio, na fase de montagem final, variam de modelo para modelo. No entanto, a estrutura base é semelhante para todas as marcas, podendo, assim, definir-se os materiais principais da *Bill of Materials* (BOM) dos aparelhos.

Nesse sentido, determinou-se como componentes centrais dos auto-rádios (Figura 39), as placas, que são o output da Secção THT, os caixilhos, que consistem na armação metálica dos aparelhos, os *trimplates* e os mecanismos, ambos fornecidos por células de manufatura precedentes às linhas de montagem final, e as tampas de cobertura, superior e inferior.

Excetuando os caixilhos, que entram diretamente nas rampas, todos os outros elementos, são abastecidos nas linhas de montagem, em tabuleiros ou caixas (Figura 39). Estas possuem diferentes



tamanhos, implicando que, o sistema de aprovisionamento tenha as dimensões adequadas para a entrada dos materiais necessários em cada posto. Isto porque, no mesmo posto de trabalho, diferentes modelos requerem diferentes componentes.

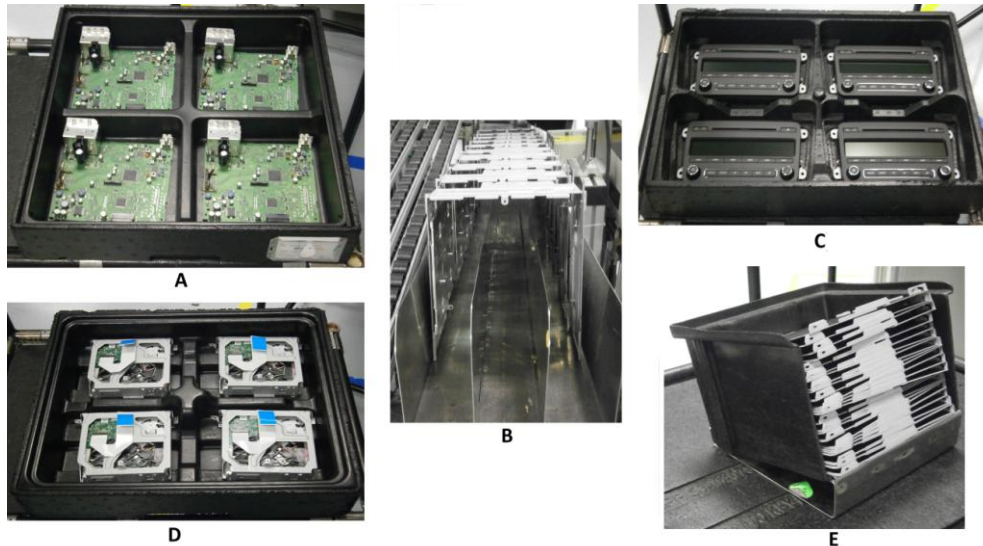


Figura 39 - A) Placas; B) Caixilhos; C) Trimplates; D) Mecanismos; E) Tampas

#### 4.1.6 Sistemas Anti Erro

A Delphi utiliza vários métodos de prevenção de erros e defeitos, o que confere uma maior eficiência ao processo, tornando mais simples a manufatura e garantindo a satisfação do cliente. A empresa adota uma política de melhoria contínua, desse modo, os *error-proofings* são atualizados e aperfeiçoados ao longo do tempo e conforme vão surgindo deficiências no produto ou no processo.

A primeira fase de implementação de *Poka-Yokes* dá-se no decorrer do desenvolvimento dos produtos. Durante o desenho dos componentes e da estrutura de um aparelho, a Equipe de Desenvolvimento, tem o cuidado de projetar sistemas, que impeçam a incorreta manufatura dos elementos, através de contornos e formas, delineadas nas peças (Figura 40).

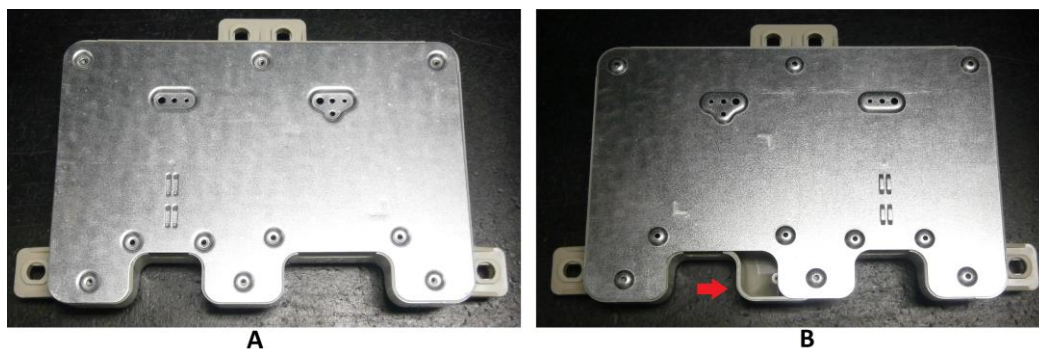


Figura 40 - A) Montagem correta; B) Posição incorreta, montagem impossível

Quando um produto novo chega à fase de *pre-serie* (fase de implementação de novos produtos), o responsável pelo esboço dos sistemas anti erro, integrado na Equipa de Produção, analisa toda a estrutura do aparelho e idealiza dispositivos para o mesmo.

Os dispositivos são os instrumentos, que impedem a montagem incorreta dos componentes e facilitam o manuseamento e a manufatura dos mesmos, muitas vezes, servindo de base para os aparelhos (Figura 41). Estes dispositivos podem conter sensores de movimento e de presença, que garantem a posição e a movimentação correta dos produtos. Geralmente, recorre-se ao uso de travões, que fixam o aparelho, até que todas as tarefas necessárias sejam desempenhadas, no entanto, os travões podem ser também usados para impedir que se façam movimentos de risco nas unidades a produzir. Comumente, os dispositivos são dotados de proteções e tapamentos, impedindo a entrada de objetos estranhos ou a ocorrência de danos em áreas críticas.

Como foi referido, os dispositivos, normalmente, servem de base de apoio para o produto que se pretende produzir, nesse sentido, são desenhados de forma a que facilitem a montagem de pequenos componentes ou ligações de cabos em ângulos de difícil acesso. Quando é necessário executar cravação de peças ou junção de elementos por *snap-fits*, os dispositivos incluem prensas, que, por ação de alavancas, possibilitam uma redução do esforço dos colaboradores, na execução dessas atividades.

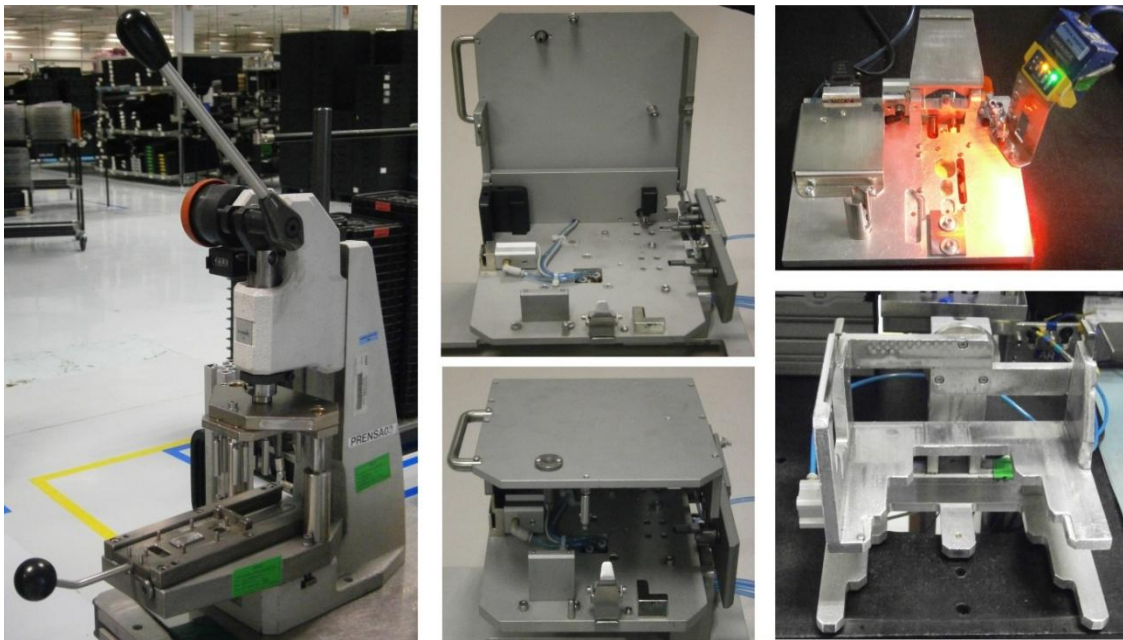


Figura 41 - Exemplos de dispositivos implementados nas linhas

Outro método anti erro, é o uso de manifestos, como ordem de produção, e as leituras dos códigos QR, presentes nos elementos. Isto porque, para se iniciar a montagem de um lote, é necessário efetuar a leitura do código QR, presente no respetivo manifesto. Este contém o *part number* de cada componente que entra na montagem do auto-rádio. Assim, se o componente errado for lido, o programa deteta e rejeita-o, libertando o aparelho, para o posto seguinte, apenas quando for inserido o componente certo.

As máquinas de aparafusamento, em cada posto de trabalho, contém, ainda, um programa (Figura 42) que controla o número de aparafusamentos e se estes foram bem efetuados. Desta forma, permite que um auto-rádio, não possa avançar para o próximo posto, sem que o número de parafusos, o local de aperto e a qualidade do aparafusamento, for a pretendida.



Figura 42 - A) Aparelho por aparafusar; B) Aparelho em conformidade

Por último, apenas em postos críticos, encontram-se camaras (Figura 43), que comparam a imagem captada, com uma imagem *standard*, verificando a existência de todos os componentes necessários, ou a presença de objetos não desejados, no interior dos aparelhos.



Figura 43 - Camara instalada numa linha de montagem final de auto-rádios

#### 4.1.7 *Changeovers*

Tanto as linhas de montagem final, como as células precedentes e as linhas de teste a jusante, estão sujeitas a *changeovers*, quando se faz mudança de produto ou modelo.

No caso das linhas de montagem final, quando se altera o produto ou modelo a produzir, é necessário fazer o *changeover* de material abastecido na linha, de dispositivos e das pontas das aparafusadoras (*bits*).

Em relação à mudança de material que abastece a linha, esta é feita pelo responsável logístico encarregue de suprir a linha, e não exige paragem na produção. Enquanto a linha está a produzir um determinado modelo, o encarregado de abastecer os materiais, recebe a informação, através dos manifestos, de que se vai alterar de produto. Este vai preenchendo as rampas de abastecimento, com o material correspondente a esse "novo" artigo, enquanto que os colaboradores da linha, ainda estão a montar aparelhos do modelo anterior.

Quando se muda de produto, na maior parte das vezes, é necessária a mudança de dispositivos e de *bits*. Este *changeover* requer a paragem da linha de montagem, originando tempos improdutivos e custos associados. Perante a alteração de produto, o responsável logístico pelo abastecimento, informa os colaboradores alocados na linha, de que está a inserir material para um novo produto. Quando os chefes de linha estão disponíveis, deslocam-se ao armário dos dispositivos, transportando para a linha os dispositivos, correspondentes ao produto que vai entrar em fabrico. Após terminado o último aparelho do lote de artigos, que se estava a produzir, o trabalhador do primeiro posto, tira o dispositivo que tem inserido na bancada e coloca o que o chefe de linha lhe trouxe. E assim, sucessivamente, para os seis postos da linha de montagem final. Isto origina uma paragem de produção para efetuar a mudança, embora no caso do chefe de linha não se encontrar disponível, para transportar os dispositivos para a linha, os colaboradores de cada posto, têm que o fazer, levando mais tempo a efetuar a mudança.

Relativamente às linhas de teste, quando há uma alteração de produto, os colaboradores são informados, pelo operário presente no último posto da linha de montagem final precedente, e, após efetuar os testes ao último aparelho do lote anterior, procedem à alteração dos *kits* e das *cross units*. Esta alteração, não tem um impacto muito negativo na produção, pois, embora se tenha que parar a execução de testes e haja uma acumulação de WIP, o TC da linha de testes é menor que o TC da linha

de montagem final. Desta forma, os aparelhos que saem da montagem final, e ficam à espera de serem processados pela linha de testes, vão reduzindo gradualmente.

Nas células de pré-montagem, o processo de *changeover* é semelhante ao da montagem final. Assim, quando há mudança de produto, é necessária uma mudança de dispositivos, *bits* e material nas rampas de abastecimento.

#### 4.1.8 Implementação do Novo Produto

Um dos objetivos desta dissertação, enunciado na secção 1.2, é a implementação do modelo A5 na linha de montagem 2, da Secção de Montagem Final de Auto-rádios. O A5 é o novo modelo da marca A, estruturalmente semelhante aos restantes modelos dessa marca, no entanto, apresenta uma melhoria tecnológica, através da incorporação de um sistema *bluetooth*.

Os artigos da marca A são produzidos na linha 1, o que significa, que esta linha está habilitada para manufacturar produtos do modelo A5. No entanto, de modo a aumentar a flexibilidade dos processos, decidiu-se capacitar a linha de montagem final 2, para a produção deste novo modelo. Desta forma, a linha em questão, deverá ser preparada para manufacturar produtos da marca A, criando-se assim, uma forma de adaptação a possíveis restrições na produção.

Outra razão, para a escolha da linha de montagem final 2, como linha alvo da implementação do novo produto, foi a elevada utilização das restantes linhas. Embora, a linha 2, também, apresente uma utilização elevada, esta não permanece em funcionamento durante todo o dia de trabalho (como se poderá comprovar na secção seguinte), dado que, os colaboradores, alocados à mesma, são distribuídos por outras áreas produtivas. Esta é uma estratégia operacional, utilizada pela empresa, para lidar com variações da procura, falhas nas entregas do material por parte do fornecedor, ou com os atrasos na produção.

## 4.2 Análise Crítica do Sistema e Identificação dos Problemas

Nesta secção, inicialmente, analisa-se o desempenho das linhas de montagem final de auto-rádios e verificam-se as causas das paragens de produção, nas mesmas. Em seguida, é apresentado o levantamento dos TC dos produtos, associados às linhas em questão, evidenciando-se as restrições do sistema, nomeadamente, os *bottlenecks*. Posteriormente, procede-se à análise da capacidade produtiva da área em estudo, bem como, ao apuramento do TT. Relativamente à implementação do novo modelo A5 na linha de montagem final 2, são estudadas e enunciadas as ações necessárias para

sua implementação. Seguidamente, aborda-se a questão ergonómica, no abastecimento de material. E por fim, salientam-se todos os problemas, detetados no decorrer desta análise crítica.

#### 4.2.1 Desempenho das Linhas de Montagem Final

Para se efetuar a avaliação do desempenho, das linhas de montagem final de auto-rádios, foram recolhidos os dados necessários, para se calcularem os indicadores de desempenho, fundamentais para a análise que se pretende fazer.

Com o objetivo de se comparar a performance entre as três linhas em estudo, inicialmente, para cada linha, apurou-se: o volume de produção mensal, o número de horas de produção diária, e por fim, o número de dias de trabalho, para os meses em análise. Estes valores estão presentes no Anexo III – Indicadores de Desempenho.

A partir desta informação e recorrendo às Equações 4 e 5, apresentadas nas secções 2.6.1 e 2.6.2 respetivamente, foi possível calcular a Taxa de Produção e a Produtividade, associadas a cada linha de montagem final.

No entanto, a empresa utiliza, outros índices para a avaliação do comportamento das linhas, nomeadamente, o OE, o FTQ e o *Scrap*, sendo estes, considerados, pela chefia, os indicadores de desempenho principais, para a gestão do sistema produtivo.

No que diz respeito ao OE, enunciado na secção 2.6.3, este é obtido através da relação entre o tempo esperado para se produzir um determinado produto, e o tempo que este, realmente, demorou a ser produzido (Equação 7, secção 2.6.3). Assim, é possível analisar a eficiência das linhas de montagem final, de modo a perceber quais os impedimentos e paragens, que estão a afetar o processo.

O FTQ, como foi referido na secção 2.6.4, normalmente, representa os produtos bons feitos à primeira, no entanto, para a Delphi, o FTQ indica a percentagem de unidades que não foram realizadas conformemente à primeira, contendo estas, defeitos de qualquer ordem. Quando se deteta um produto com irregularidades, este é enviado para a Reparação. Caso seja possível eliminar o defeito, este é reparado e enviado para a linha de testes, continuando o processo de fabrico, sendo, no entanto, contabilizado no FTQ (Equação 8, secção 2.6.4). Caso o produto não tenha reparação, este é considerado refugo e contabilizado como *Scrap*.

Na Tabela 4, são apresentados os indicadores, recolhidos ou calculados, para as três linhas de montagem final de auto-rádios. Estes resultados, retratam a média dos valores correspondentes aos

seis primeiros meses do ano 2014. Os dados específicos para cada linha, durante cada um dos seis meses, estão expostos no Anexo III – Indicadores de Desempenho.

Tabela 4 - Valores médios dos indicadores de desempenho das linhas de montagem final

Linha	TC (seg)	Horas/Dia	Volumes (uni/mês)	Taxa de Produção (uni/hora)	MDO/Dia	Produtividade (uni/horas-homem)	OE	FTQ	Scrap	Produção Conforme (uni/mês)
L1	21,6	15,4	50 847	161	12	13,4	97.9%	1,66%	0,045%	50 002
L2	21,6	9,24	29 885	157,7	12	13,1	96.2%	1,47%	0,043%	29 447
L3	27,5	15,4	40 760	164	12	13,7	97.9%	1,57%	0,044%	40 121

Para se poder comparar, a Taxa de Produção e a Produtividade, entre produtos com diferentes tempos de processamento, utilizou-se o conceito de "produto equivalente". Nesse sentido, como o TC das linhas 1 e 2 são semelhantes entre si, e o da linha 3 é diferente, calculou-se o Fator de Equivalência, para o TC da linha 3, através da Equação 7, presente na secção 2.6.2. Este fator é caracterizado pelo quociente entre o TC mais alto (linha 3) e o mais baixo (linhas 1 e 2), permitindo, assim, alinhar os volumes e equiparar o tempo de processamento. Isto significa que, cada auto-rádio, produzido na linha 3, equivale a 1,27 aparelhos, fabricados na linha 1 ou 2.

$$\text{Fator de Equivalência} = \frac{27,5}{21,6} = 1.27 \quad \text{Equação (16)}$$

Outro dado, que requer adaptação, é a disponibilidade da linha 2, que varia consoante a necessidade de produção. Assim, de forma a ajustar a capacidade produtiva, evitando a sobreprodução e garantindo margem de manobra para oscilações da procura, a linha 2 opera durante o tempo integral do turno, somente, no primeiro turno. No segundo, utiliza apenas o tempo necessário, para cumprir o plano diário ou recuperar a produção que, por alguma razão, possa estar em atraso.

De modo a obter o valor real do tempo de trabalho da linha 2, fez-se um levantamento das horas, que a linha atuou durante o segundo turno, nos primeiros seis meses do ano. Desta forma, conclui-se, que o tempo disponível da linha 2, no segundo turno, é de 1,54 horas, e como o primeiro turno é composto por 7,7 horas de trabalho, o tempo de produção diário, para a linha 2, é de 9,24 horas.

Com base nos valores da Taxa de Produção e da Produtividade, presentes na Tabela 4, é possível verificar que, a linha 2 é a menos eficiente, quando comparada com as restantes. Esta afirmação é corroborada pelo índice de OE, também apresentado na tabela. Este é idêntico nas linhas 1 e 3, contudo, na linha 2, o OE é inferior, o que indica uma maior quantidade de tempos improdutivo e contribui para a redução dos indicadores de produção.

O FTQ permitiu calcular os produtos conformes, para cada linha. Desta forma, recorreu-se à equação a seguir apresentada e verificou-se que a percentagem de FTQ é superior na linha 1. Este valor é justificado pelas condições das ferramentas presentes, na linha em questão. Dado que esta, possui aparafusadoras mais antigas, existe, assim, maior probabilidade de ocorrência de defeitos no aparafusamento.

$$\text{Produtos conformes} = \text{Total de prod.} - (\text{Total de prod.} \times \text{FTQ}) \quad \text{Equação (17)}$$

#### 4.2.2 Paragens das Linhas de Montagem Final de Auto-rádios

Quando ocorre uma paragem imprevista, nas linhas de produção, os chefes de linha reportam-nas no sistema, para que estas, sejam contabilizadas no OE. Com base nesses *reports*, elaborou-se um diagrama de Ishikawa (Figura 44) de modo a, analisar as causas das paragens, nas linhas de montagem final.

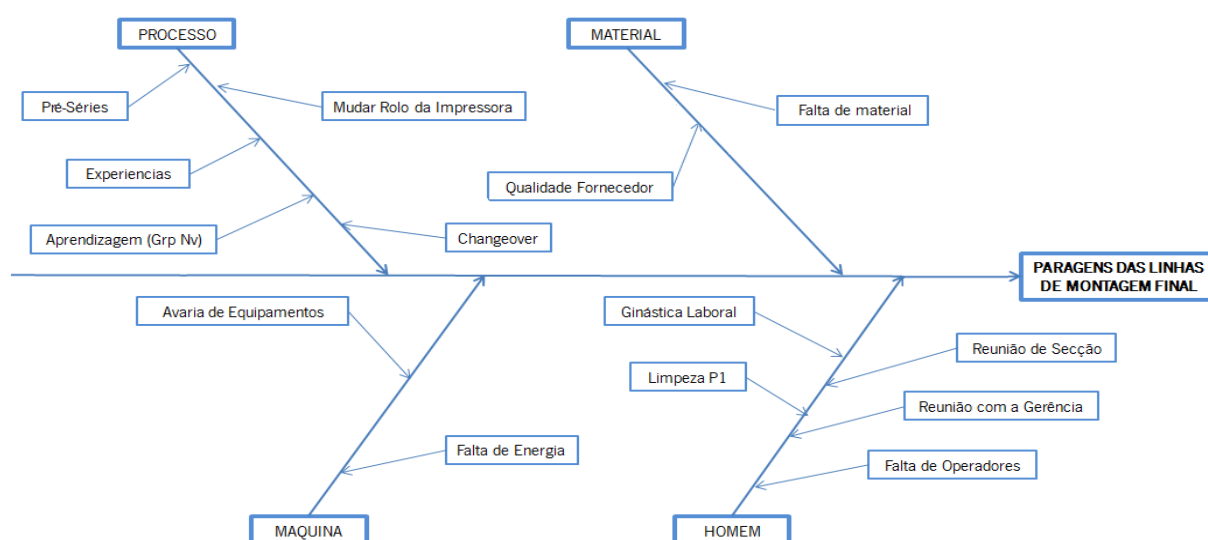


Figura 44 - Diagrama de Ishikawa para as paragens nas linhas de montagem final de auto-rádios

Para avaliar o impacto de cada causa e seleccionar quais as que requerem uma abordagem corretiva prioritária, recolheu-se o tempo que cada linha perdeu, devido a uma determinada causa, durante os primeiros seis meses do ano. Para uma melhor assimilação dos dados, traduziu-se o tempo improdutivo desses meses, para minutos por dia, sendo estes, apresentados na Tabela 5, juntamente com a percentagem de tempo improdutivo, comparativamente ao tempo total disponível. No entanto, no Anexo IV– Causa das Paragens, está presente a informação sobre as paragens de cada linha, para cada mês.



Note-se que, na Tabela 5, embora o tempo de paragens da linha 2 seja menor, a percentagem de tempo improdutivo é maior, dado que, o tempo disponível da linha 2 é menor do que o das restantes.

Tabela 5 - Causas das paragens e tempos médios por dia, associados

Linha 1		Linha 2		Linha 3	
Motivo	Min/dia	Motivo	Min/dia	Motivo	Min/dia
<i>Changeover</i>	6,08	Falta de materiais	6,09	Ginástica Laboral	6,00
Ginástica Laboral	6,00	<i>Changeover</i>	5,63	<i>Changeover</i>	5,47
Limpeza P1	4,00	Ginástica Laboral	3,98	Limpeza P1	4,00
Avar. Equipamentos	3,23	<i>Pre-séries</i>	3,49	<i>Pre-séries</i>	2,76
Falta de materiais	2,79	Limpeza P1	2,72	Aprendizagem	2,02
Aprendizagem	1,98	Reunião Gerência	1,46	Avar. Equipamentos	1,84
Reunião Gerência	1,46	Avar. Equipamentos	1,20	Falta de materiais	1,72
Reunião Secção	1,40	Reunião Secção	1,09	Reunião Gerência	1,41
Qual. Fornecedor	1,24	Aprendizagem	0,92	Reunião Secção	1,42
Mud. Rolo Imp.	1,09	Experiências	0,52	Experiências	1,02
Experiências	0,27	Mud. Rolo Imp.	0,28	Qual. Fornecedor	0,83
<i>Pre-séries</i>	0,02	Qual. Fornecedor	0,24	Mud. Rolo Imp.	0,75
Falta de Operadores	0,02	Falta de energia	0,10		29,24
	29,59	Falta de Operadores	0,05		
<b>Tempo improdutivo (%)</b>	<b>2,12%</b>		27,76	<b>Tempo improdutivo (%)</b>	<b>2,08%</b>
		<b>Tempo improdutivo (%)</b>	<b>3,80%</b>		

As causas principais das paragens, nas linhas de montagem, no geral, são os *changeovers*, a falta de materiais, as avarias de equipamentos, as *pre-series*, a ginástica laboral e a limpeza P1. No entanto, as duas últimas, não são contabilizadas no OE, dado que se tratam de paragens programadas. Contudo, no momento em que está planeado fazer a ginástica laboral e a limpeza P1, o programa instalado nas máquinas e nas aparafusadoras, bloqueia as ferramentas, parando a produção e lançando a paragem no sistema. Assim, o tempo improdutivo, apresentado na tabela anterior, não conta com o tempo de paragem devido à ginástica laboral e limpeza P1.

Os *changeovers*, embora ocupem uma grande percentagem do tempo improdutivo das linhas, têm uma duração média de 40 segundos, para cada mudança de produto, o que, de acordo com o conteúdo de trabalho que estes envolvem (referido na secção 4.1.7), se podem considerar *changeovers* rápidos e eficientes.

As avarias de equipamentos, na linha 1, e as *pre-series*, nas linhas 2 e 3, ocupam, também, um tempo considerável. No entanto, a primeira causa deve-se à antiguidade das máquinas utilizadas, enquanto que, as paragens para efetuar *pre-series*, servem para implementar os novos produtos nas linhas e processos atuais.

A falta de material, evidenciada como a principal razão de paragem da linha 2, acontece devido à inexistência de *buffers* suficientes nas rampas de abastecimento. Estas não são capazes de suportar a quantidade de material necessária para permitir ao colaborador responsável pelo abastecimento, realizar o percurso total da rota sem, por vezes, faltar material, nos postos de trabalho que abasteceu anteriormente.

O operador responsável pelo abastecimento da linha 2, está, também, alocado à linha 1, como foi mencionado na secção 4.1.4. Logo, a sua rota consiste em abastecer a linha 2, deslocar-se aos supermercados presentes nas imediações das linhas, no sentido de recarregar o material necessário para abastecer a linha 1. De seguida, abastece a linha 1, e desloca-se, novamente, aos supermercados para recolher o material, correspondente aos produtos realizados na linha 2, sendo que, no regresso, abastece a linha 2, reiniciando o ciclo.

No entanto, o reduzido TC das linhas montagem final, aliado ao comprimento insuficiente, da rampa de abastecimento de caixilhos da linha 2, e à utilização de uma caixa com quantidades limitadas, para o provimento de tampas, impossibilitam o cumprimento da rota *standard*. Nesse sentido, para que não falte material na linha 2, o colaborador, na etapa em que se dirige aos supermercados, para recarregar o material necessário para a produção na linha 1, carrega também caixilhos, para introduzir na linha 2. E quando volta, abastece primeiro, a linha 2 com caixilhos e tampas (estas encontram-se num *buffer*, alocado por baixo das rampas de abastecimento), antes de efetuar o abastecimento da linha 1.

Este procedimento contraria o que está definido na rota, no entanto, aumenta a probabilidade de não faltar material na linha 2. Contudo, nem sempre é possível realizar esta rota "alternativa", visto que, as rotas estão definidas para que o colaborador divida, uniformemente, o tempo de trabalho, pelas duas linhas. Logo, ao executar a rota "alternativa", para prevenir a falta de material na linha 2, corre-se o risco faltar material na linha 1.

#### 4.2.3 Estudo dos Tempos e Identificação de *Bottlenecks*

Com vista ao aumento da eficiência do fluxo produtivo e na redução de desperdícios, decidiu-se analisar e identificar oportunidades de rebalanceamento das linhas de produção e de eliminação de *bottlenecks*.

Nesse sentido, inicialmente, estudou-se a cadência da produção e verificou-se que, na montagem final, os aparelhos da mesma marca, têm balanceamentos e conteúdos de trabalho semelhantes, excetuando os produtos C. Nestes, existem disparidades nos TC, do modelo C1 para o modelo C2.

Posto isto, realizou-se o levantamento dos TC associados a um modelo de cada marca, sendo que, para os produtos da marca C, apurou-se o TC para ambos os modelos.

No Anexo V – Estudo dos Tempos, estão presentes os dados relativos aos levantamentos realizados, sendo estes, compostos por 20 observações, para cada produto. Durante a observação dos TC, surgiram situações esporádicas, em que, o TC contabilizado, comportava um desvio considerável, em detrimento das restantes observações e da média do TC. Este cenário aconteceu devido a ocorrências inesperadas, tais como, o colaborador beber água ou identificar uma peça defeituosa, tendo que a colocar para análise. Assim, no sentido de se obter uma média real do TC, e como se efetuaram, apenas, 20 observações, os tempos disparem foram ignorados, realizando-se uma nova observação. Note-se que, nos postos de montagem, em que se fazem leituras dos códigos das placas, e nos postos que incluem tempos máquina, os TC foram retirados do *Factory Information System* (FIS). Isto permitiu poupar tempo nas observações, sem no entanto, perder credibilidade nos valores obtidos, dado que, o FIS é uma base de dados interna, que grava o histórico das placas/aparelhos, sendo possível verificar o tempo que demora entre cada leitura ou em cada teste realizado.

Na Tabela 6, são apresentados os TC médios, para os seis postos de montagem final, obtidos através das observações presentes no Anexo V – Estudo dos Tempos, bem como, a Eficiência do Sistema e o Índice de Planura associados.

Tabela 6 - Tempo de Ciclo, em segundos, dos postos da Montagem Manual

	Linha	Marcas	Montagem Manual						Eficiência do Sistema	Índice de Planura
			Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5	Posto 6		
TC	1	A	17,5	18,8	19,6	<b>22,0</b>	18,2	18,2	86,6%	8,1
		B	20,4	18,2	18,6	<b>21,0</b>	20,6	18,1	92,8%	4,7
	2	C1	18,6	17,4	<b>19,5</b>	18,8	18,1	17,1	93,6%	3,7
		C2	22,2	23,1	23,2	<b>25,0</b>	22,1	21,5	91,3%	6,0
		D	20,2	19,1	<b>21,0</b>	20,8	20,5	19,7	96,2%	2,4
	3	E	<b>27,5</b>	22,9	25,7	24,1	27,2	20,0	89,3%	9,1

A Eficiência do Sistema e o Índice de Planura, apresentados na tabela anterior, foram calculados através das Equações 9 e 10, presentes nas secções 2.6.5 e 2.6.6, respetivamente. Segundo estes dados, os produtos da marca A e E, são os que apresentam menor eficiência. Nestes casos, o balanceamento da linha, apresenta deficiências notórias. Estas são traduzidas por uma Eficiência do Sistema abaixo dos 90% e por Índices de Planura elevados. Note-se que, como se referiu na secção

2.6.6, quanto maior for o Índice de Planura, maior é a discrepância entre os TC dos vários postos de trabalho.

A empresa estipulou que, são as linhas de montagem final que definem a cadência de produção, uma vez que, o plano de produção diário é estruturado conforme a disponibilidade das mesmas. As células de pré-montagem produzem de acordo com o plano definido para as linhas, assim, quando é gerado um manifesto (ordem de produção), automaticamente, é impresso outro para as células de pré-montagem, com a indicação de produção do mesmo produto. Por outro lado, como não existem *buffers* entre uma linha de montagem e a linha de teste correspondente (formando fisicamente uma linha única), esta avalia a gama de aparelhos, que naquele instante, forem montados na linha de montagem final. Desta forma, as linhas de montagem final são consideradas o pulmão da secção.

Como as linhas de montagem são mais flexíveis na resposta a paragens ou obstáculos à produção, definiu-se que, os processos a montante e a jusante, deveriam assumir TC inferiores. No caso das células de *trimplates*, estas são compostas por *robots*, que requerem constantes ajustes no aparafusamento e, em caso de avaria, envolvem um longo tempo de paragem. Quanto às linhas de teste, estas recebem, também, os aparelhos que foram consertados na Reparação, implicando que, o *output* de uma linha de testes, por vezes, seja maior que o *output* da linha montagem final que a precede.

Assim, para que estes fatores, não impeçam o bom funcionamento das linhas de montagem final, bem como, o decorrer natural do fluxo de produção, a chefia estabeleceu que, os processos em torno das linhas de montagem, deveriam ter, no mínimo, menos 2 segundos de TC, comparativamente as linhas de montagem. Desta forma, reduz-se o risco de paragem das linhas de montagem, por falta de material, proveniente das células de pré-montagem, bem como, por engarrafamento e acumulação de WIP, nas linhas de teste.

A Tabela 7, contém os TC das células de pré-montagem, para cada produto, bem como, o TC respetivo na montagem final (MF). Os valores de TC representados a vermelho, encontram-se acima do TC do produto correspondente nas linhas, significando que, para os produtos C1 e C2, a célula 2 de pré-montagem de *trimplates*, não consegue abastecer diretamente a linha.

Tabela 7 - Tempo de Ciclo, em segundos, das Células de Pré-Montagem

	Linha	Marcas	MF	Células de Pré-Montagem	
				Mecanismos (seg)	Trimplates (seg)
TC	L1	A	22	18,3	18,5
		B	21	18,9	18,8
	L2	C1	19,5	17,4	20,6
		C2	25	20,8	30,2
		D	21	19,0	16,7
	L3	E	27,5	21,1	20,6

Na Tabela 8, os valores com o fundo vermelho, representam os TC que não cumprem os requisitos necessários, para se obter a cadência desejada nas linhas de teste (TC 2 segundos abaixo da montagem final). Neste caso, para os produtos C1 e E, o posto crítico é o da AVI, implicando um acumular de aparelhos, neste posto de trabalho.

Tabela 8 - Tempos de Ciclo, em segundos, das Linhas de Teste

	Linha	Marcas	MF	Testes							
				Iluminação	Objetivo Elétrico	Subjetivo Elétrico	Programação + Etiquetagem	Passa-port	AVI	Subjetivo Mecânico	Embalamento
TC	L1	A	22	15,7	16,8	19,8	18,1	14,7	-	19,8	17,4
		B	21	15,1	17,2	19,1	18,7	-	-	18,4	17,1
	L2	C1	19,5	17,6	17,4	17,5	17,6	-	23,8	17,7	16,4
		C2	25	23,1	23,1	19,8	23,0	-	23,1	23,1	18,8
		D	21	11,9	18,1	19,0	12,9	-	19,0	19,2	15,1
	L3	E	27,5	23,1	24,8	24,6	25,1	-	27,3	22,2	21,9

#### 4.2.4 Cálculo do *Takt Time*

Ao contrário do cálculo dos indicadores desempenho das linhas de montagem, no qual se utilizaram os volumes de produção fabricados em meses anteriores, no cálculo do TT usaram-se os volumes de produção planeados, por dia, para o ano 2014. Estas quantidades e os cálculos são, detalhadamente, apresentados no Anexo VI – Cálculo do *Takt Time*.

Na Tabela 9, são apresentadas, para cada linha, as várias vertentes do TT, nomeadamente, o TT Diário, o TT Planeado e o TT Útil. Estes foram calculados, respetivamente, a partir das Equações 1, 2 e 3, presentes na secção 2.3.5.

Tabela 9 - Takt Time das Linhas de Montagem Final

	TC (seg)	OE	TT Diário (seg)	TT Planeado (seg)	TT Útil (seg)	TT Útil - TC (seg)
Linha 1	21,64	97,9%	25,46	24,51	23,99	<b>2,35</b>
Linha 2	21,61	96,2%	42,02	24,27	23,35	<b>1,73</b>
Linha 3	27,50	97,9%	31,36	30,18	29,55	<b>2,05</b>

Como, para as três linhas, o TT Útil é superior ao TC, a empresa não corre o risco de falhar no prazo de entrega das encomendas. Além disso, os valores são relativamente próximos, impedindo a sobreprodução.

#### 4.2.5 Análise da Capacidade Produtiva

De forma a analisar a utilização dos recursos e averiguar potenciais desperdícios no planeamento e na distribuição dos produtos pelas diferentes linhas, elaborou-se uma análise à capacidade produtiva das linhas de montagem final em estudo.

Assim, recorrendo às equações apresentadas na secção 2.6.7, calcularam-se os vários tipos de capacidade, podendo ser consultados no Anexo VII – Análise de Capacidades. Para se calcular a Capacidade Necessária, recorreu-se aos volumes de produção anuais de cada artigo, obtidos através do ficheiro *SPS Summary*, e ao TC respetivo. Finalmente, relacionou-se a Capacidade Necessária, com a Capacidade Efetuada, de modo a conhecer-se o grau de Utilização do sistema. Na Tabela 10, são apresentados esses dados, para os anos 2014 e 2015.

Tabela 10 - Cálculo de Capacidades, para os anos 2014 e 2015

Volumes 2014						
	Capacidade Instalada (seg/dia)	Capacidade Disponível (seg/dia)	Capacidade Efetiva (seg/dia)	Capacidade Realizada (seg/dia)	Capacidade Necessária (seg/dia)	Utilização
Linha 1	86 400	57 600	55 440	54 265	48 935	90,2%
Linha 2	86 400	57 600	33 264	32 000	29 319	91,6%
Linha 3	86 400	57 600	55 440	54 287	50 517	93,1%
<b>Total</b>	<b>259 200</b>	<b>172 800</b>	<b>144 144</b>	<b>140 551</b>	<b>128 772</b>	<b>91,6%</b>

Volumes 2015						
	Capacidade Instalada (seg/dia)	Capacidade Disponível (seg/dia)	Capacidade Efetiva (seg/dia)	Capacidade Realizada (seg/dia)	Capacidade Necessária (seg/dia)	Utilização
Linha 1	86 400	57 600	55 440	54 265	31 163	<b>57,4%</b>
Linha 2	86 400	57 600	33 264	32 000	24 187	<b>75,6%</b>
Linha 3	86 400	57 600	55 440	54 287	57 543	<b>106,0%</b>
<b>Total</b>	<b>259 200</b>	<b>172 800</b>	<b>144 144</b>	<b>140 551</b>	<b>112 892</b>	<b>80,3%</b>

Através da tabela anterior, pode-se verificar uma Utilização elevada das linhas, para o ano 2014. No entanto, mantendo os mesmos recursos, e a Capacidade Efetiva dos mesmos, no ano 2015, essa utilização reduzirá drasticamente, o que se traduz numa situação alarmante para a empresa. Este fenómeno acontece, devido à extinção de alguns produtos fabricados atualmente, sendo necessário recorrer a ajustes de capacidade, para que, a empresa não tenha que suportar gastos, relativos ao excesso de recursos.

#### 4.2.6 Análise do Novo Produto - Modelo A5

Para que seja possível a manufatura do modelo A5, na linha de montagem final 2, esta terá que sofrer alterações na sua configuração. Assim, procedeu-se ao levantamento de todas as ações necessárias, para a preparação da respetiva linha, de forma a possibilitar a entrada no novo produto.

De modo a abordar todas as medidas necessárias, estas foram divididas em três tipos. As relacionadas com a estrutura física da linha de montagem, com a preparação da mão de obra e com a implementação de *error-proofings* para o produto em questão.

As intervenções a nível da estrutura física, recaem sobre a preparação das rampas de abastecimento e na implantação de um posto para a colocação do passaporte, que, como referido anteriormente (secção 4.1.2), é um requisito do cliente da marca A.

Quanto às rampas de abastecimento (Figura 45), primeiramente, investigou-se quais os materiais que entram em cada um dos seis postos. Em seguida, apuraram-se as medidas das rampas existentes e dos tabuleiros ou caixas, que suportam o material.



Figura 45 - Rampa de Abastecimento da Linha de Montagem Final 2

Com estes dados, verificou-se que as rampas não tinham as dimensões necessárias para a entrada dos tabuleiros pretendidos, nos postos de trabalho correspondentes. Por exemplo, para os produtos correntes, no posto 3, atualmente, entram os tabuleiros de mecanismos (46 cm de largura) e a caixa das tampas (25 cm largura), sendo que, a rampa atual, foi projetada para estas dimensões. No entanto, para o produto A5, nesse mesmo posto, são montados os *trimplates* nos aparelhos, e o tabuleiro correspondente, possui 60 cm de largura. Deste modo, o tabuleiro de *trimplates* não cabe na rampa de abastecimento. Como este caso, existem vários, ao longo dos postos de montagem, o que obriga a uma reconfiguração total nas dimensões das rampas de abastecimento atuais.

Para a inserção do posto Passaporte, será necessária uma estrutura em perfil de alumínio, semelhante à existente na linha 1 (Figura 46). Esta estrutura deverá ter capacidade para duas impressoras, uma para impressão do passaporte e outra suplente, para que não se perca tempo no *changeover* do rolo de papel ou do químico.

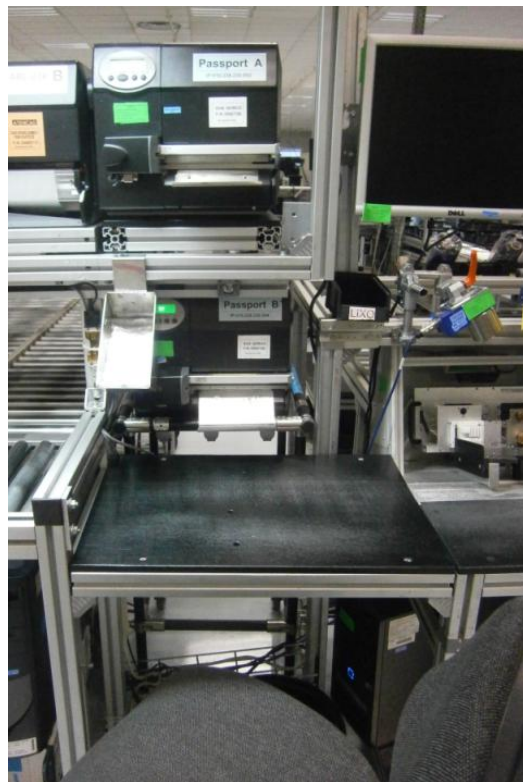


Figura 46 - Posto Passaporte da Linha de Montagem Final 1

A rotação dos colaboradores, pelos diferentes postos de trabalho, ocorre apenas dentro da linha de montagem, isto é, os operadores vão trocando de posto, de modo a obterem o *know-how* necessário, para realizar o trabalho em qualquer posto. Isto garante grande flexibilidade na utilização e alocação da mão de obra. No entanto, as pessoas alocadas a uma determinada linha, apenas trocam de postos



dentro da mesma, o que significa que, apenas aprendem o conteúdo de trabalho dos produtos que se produzem nessa linha.

Com a introdução do produto A (atualmente fabricado na linha 1) na linha 2, os operários terão que passar por uma fase de aprendizagem, de forma a obterem as competências necessárias, para a montagem desse aparelho. Quando a linha de montagem estiver pronta a receber o modelo A5, começarão as *pre-series*, que serão utilizadas, não só para testar o processo, mas também, para dar formação aos operadores. No entanto, é necessário criar Instruções de Trabalho (IT), para que os colaboradores, tenham um suporte informativo, onde possam verificar a sequência *standard* das operações. As IT (Figura 47) são documentos onde consta a descrição e sequência do conteúdo de trabalho, bem como, qualquer informação necessária ao desempenho eficiente das funções, num determinado posto de trabalho.

**DELPHI ELECTRONICS & SAFETY** **BRAG WI 1124.00.48 / Ver:03**

**Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho**

Effective Date: / Data Efe: 15-10-201 / Content Revision: / Data do Rei: 10-201 Page 1 de 3

---

Processo / Mo: **SUB ASSEMBLY/MIB \_SD CARD**

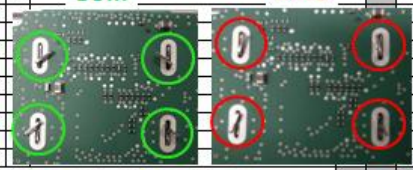
Legar: **Posto 1**

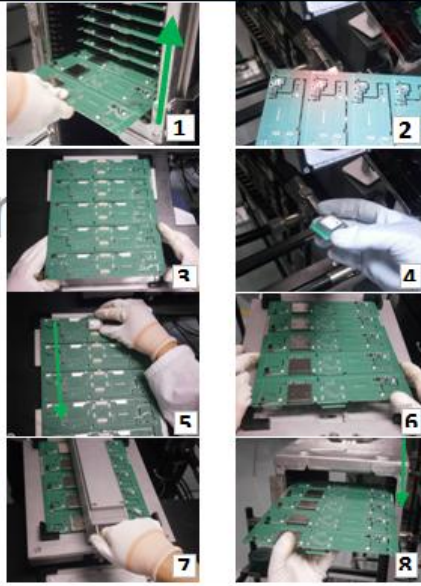
Ref. Doc.:  
 Sinalética de Segurança:  Usando aplicáv.

**Notas Importantes:**

COLocar PARA ANÁLISE EM CASO DE ALGUMA NÃO CONFORMIDADE

Antes de qualquer pausa finalizar os elementos de operação descritos

Elevada		Normal		Baixa	
...	...	...	...	...	...
1	PEGA O ARRAY DO "CONTAINER" DE BAIXO PARA CIMA (FOTO 1)	5	5,8		
2	LÊ O ARRAY (FOTO 2)	3	5,8		
3	COLOCA O ARRAY NO DISPOSITIVO (FOTO 3)	4	2,4		
4	PEGA O "BLUETOOTH" E LÊ O PRIMEIRO DE CADA ARRAY (FOTO 4)	6	3,8		
5	INSERE O "BLUETOOTH" NA PLACA E PRESSIONA ATÉ OUVIR O "CLICK" (FOTO 5)	5	5,8		
6	PEGA O ARRAY BOM E INSERE NO OUTRO DISPOSITIVO (FOTO 6)	2	3,8		
7	BAIXA O DISPOSITIVO PARA "CLINCHAR" (FOTO 7)	4	2,4		
8	PEGA O ARRAY E COLOCA NO "CONTAINER" DE CIMA PARA BAIXO (FOTO 8)	6	3,8		
18	<b>ATENÇÃO</b> Verificar o clinch no fim de cada operação				
19	<b>BOM</b> <span style="margin-left: 100px;"><b>MAU</b></span>				
		Total		33 23,4	



Revisado por: 15-10-2010 MFAE Hana Vieira Santos	Verificado por: 	Aprovado por: 15-10-2010 Proteção Júlio R. Pereira	
---	---------------------	---	--

Figura 47 - Exemplo de uma Instrução de Trabalho

No que diz respeito aos sistemas *Poka-Yoke*, para o modelo A5, há dois tipos de ações a tomar. A criação de novos dispositivos e a preparação das máquinas de aparafusar da linha 2 para o produto em questão. Os dispositivos deverão ser iguais aos existentes na linha 1, assim, será necessário duplicar os dispositivos. Os programas de aparafusamento, bem como, o torque (força giratória aparafusamento), instalados nas máquinas de aparafusamento, são diferentes de produto para

produto. Nesse sentido, é necessário ajustar o programa e torque, nas máquinas da linha 2, para o modelo A5. Isto permitirá controlar a qualidade do aparafusamento.

#### 4.2.7 Análise Ergonómica do Abastecimento

A partir de observações e do *feedback*, por parte dos colaboradores que abastecem o material na linha de montagem final 2, sobre as alturas e peso dos materiais, decidiu-se investigar a qualidade ergonómica, do conteúdo de trabalho, no abastecimento. Desta forma, elaborou-se um estudo antropométrico, para as alturas das rampas de abastecimento, e uma análise ao esforço impresso durante abastecimento do material, através da equação desenvolvida pelo *National Institute for Occupational Safety and Health* (1981). Esta denomina-se equação de NIOSH e consiste num método para determinar a carga máxima a ser manipulada e movimentada, manualmente, numa atividade de trabalho.

Em relação ao estudo antropométrico, foram abordadas duas alturas distintas, nomeadamente, a altura de saída e a altura de entrada de material. Dado que se trata de alturas máximas de alcance e que, a maior parte dos colaboradores que operam na secção, são do sexo feminino, estabeleceu-se, como referência, a altura média da população feminina portuguesa.

No que diz respeito à altura da saída de material da linha, isto é, da zona de retorno dos tabuleiros vazios, utilizou-se a altura dos olhos, como dimensão base, pois os tabuleiros são de esferovite, logo, quando vazios, são extremamente leves. No entanto, é necessário assegurar que haja perfeita visibilidade para a parte superior das rampas, daí ter sido adotada a altura dos olhos, como dimensão de referência.

Quanto à altura de entrada do material na linha, isto é, zona onde se inserem os tabuleiros/caixas com material, estipulou-se a altura dos ombros da população feminina como medida de alvo, de modo a evitar que as colaboradoras exerçam levantamentos excessivos, correndo o risco de lesão.

Na Tabela 11, estão presentes as alturas de entrada e saída, bem como, a percentagem de satisfação, da população fabril, com as alturas atuais. Note-se que, a linha de montagem tem seis postos de trabalho, no entanto, o sexto posto não tem rampa de abastecimento, não constando, por isso, nesta avaliação.

A percentagem de satisfação, presentes na Tabela 11, foi calculada a partir da interpolação dos percentis das dimensões Antropométricas da População Feminina Portuguesa presentes na Tabela 96 do Anexo VIII - Estudo Ergonómico.

Tabela 11 - Análise Antropométrica das rampas de abastecimento da linha 2

	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5
Altura de saída de material (cm)	159	147	150	149	153
Percentagem de Satisfação	3,3%	47,9%	35,6%	39,7%	23,2%
Altura de entrada de material (cm)	132	132	132	132	132
Percentagem de Satisfação	37,8%	37,8%	37,8%	37,8%	37,8%

Através dos valores apresentados na tabela anterior, é possível concluir que ambas as alturas (de saída e entrada), não satisfazem uma percentagem aceitável de operadores, e que, no caso do posto 1, a altura de saída, tem mesmo uma dimensão crítica, satisfazendo apenas 3,3% dos operários.

No que diz respeito à manipulação de cargas no abastecimento de material, a partir da equação de NIOSH, calculou-se o Peso Limite Recomendado (PLR) e o Índice de Elevação (IE). No Anexo VIII - Estudo, estão presentes todos os cálculos efetuados, bem como, as formulas utilizadas para a obtenção dos valores apresentados na Tabela 12.

Em relação aos mecanismos e *trimplates*, considerou-se como peso atual, o peso total de um lote (três tabuleiros de quatro unidades), visto que, é desta forma que são inseridos nas linhas. Quanto às tampas, utilizou-se, como referência, o peso da caixa que vem do fornecedor, e não a caixa que atualmente entra na linha. Dado que, se pretende começar a utilizar a caixa do fornecedor, como forma de aumentar a autonomia das rampas, devido à maior quantidade de tampas, que esta suporta.

Tabela 12 - Resultados da equação NIOSH para: A) Mecanismos; B) *Trimplates*; C) Tampas

Mecanismos		<i>Trimplates</i>		Tampas	
PLR (Kg)	9,192	PLR (Kg)	9,192	PLR (Kg)	7,263
Peso Atual (Kg)	10,321	Peso Atual (Kg)	5,876	Peso Atual (Kg)	7,894
IE	1,123	IE	0,639	IE	1,087
A		B		C	

De acordo com a tabela anterior, o peso do lote de *trimplates*, é aceitável. Neste caso, como o peso atual é bastante inferior ao PLR, o IE apresenta um valor inferior a 1, sendo improvável a manifestação de lesões. No entanto, o peso atual do lote de mecanismos e da caixa das tampas é superior ao PRL, resultando num IE superior a 1, o que significa a existência de risco de lesão, para os colaboradores.

#### 4.2.8 Sumário dos Problemas Detetados

Na Tabela 13, são enunciados todos os problemas, relatados no presente capítulo. Estas inconformidades serão sujeitas a uma análise profunda, com a finalidade de se obter uma proposta de melhoria satisfatória, para cada deficiência evidenciada.

Tabela 13 - Síntese dos Problemas Identificados no Estado Atual

<b>Problemas</b>	<b>Áreas Afetadas</b>	<b>Consequências</b>
<u>Falta de Material</u>	Linha de Montagem 2	Perdas no volume de produção
<u>Balanceamento ineficiente</u>	Linhas de Montagem 1 e 3	Perda de eficiência e aumento de esperas
<u>Existência de <i>Bottlenecks</i></u>	Célula de <i>Trimplates</i> 2 Linhas de Teste 2 e 3	Deficiências no fluxo de produção e aumento do WIP
<u>Excesso de Capacidade em 2015</u>	Secção de Montagem Final	Desperdícios relacionados com baixa utilização de recursos
<u>Linha 2 inapta para a produção do modelo A5</u>	Linha de Montagem 2	Perdas na produção e atraso no <i>ramp up</i> do produto
<u>Elevada altura de rampas de abastecimento</u>	Linha de Montagem 2	Lesões físicas
<u>Risco na manipulação de cargas</u>	Linhas de Montagem	Lesões físicas

## 5. IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS E VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, apresentam-se as propostas ou ações de melhoria, para os problemas evidenciados no anteriormente. Na Tabela 14, através da metodologia 5W1H, identificam-se as intervenções efetuadas. Esta metodologia permite considerar todas as atividades a serem executadas de forma metódica e objetiva, garantindo uma implementação organizada, através da resposta a seis perguntas (What?; Why?; Who?; When? Where? e How?) (Yoshioka, Herman, Yates, & Orlikowski, 2001).

Tabela 14 - Plano de Ações

<u>O quê?</u>	<u>Porquê?</u>	<u>Como?</u>	<u>Quem?</u>	<u>Quando?</u>	<u>Onde?</u>
<b>Eliminação de <i>bottlenecks</i></b>	Deficiências no fluxo de produção	–Aumento e otimização de recursos	Equipa <i>Kaizen</i>	Abr/14 - Mai/14	–Célula de <i>trimplates</i> 2; –Linhas de teste 2 e 3
<b>Balanceamento da Linha para os produtos A e E</b>	– Falta de eficiência – Esperas	–Redefinir sequenciamento do conteúdo de trabalho	Equipa <i>Kaizen</i>	Jun/14	Linhas de montagem final 2 e 3
<b>Habilitação da linha 2 para a produção do modelo A5</b>	Aumentar flexibilidade;	–Definir novas dimensões das rampas de abastecimento; –Duplicar dispositivos; –Implantação do posto Passaporte –Criar Trabalho Normalizado;	Dora Enes; Hugo Ribeiro; Vítor Gomes;	Mar/14 - Jun/14	Linha de montagem final 2
<b>Aumento de autonomia das rampas de abastecimento</b>	Falta de material	–Definir novas dimensões da rampa de caixilhos –Modificar caixa de abastecimento de tampas	Dora Enes; Hugo Ribeiro; Vítor Gomes;	Mar/14- Mai/14	Linha de montagem final 2
<b>Redução das alturas das rampas de abastecimento</b>	Risco de lesão	–Definir novas dimensões das rampas de abastecimento	Dora Enes; Hugo Ribeiro; Vítor Gomes	Mar/14- Mai/14	Linha de montagem final 2
<b>Melhorar manuseamento de cargas no abastecimento de material</b>	Risco de lesão	–Definir novas dimensões das rampas de abastecimento; –Definir novo carrinho de transporte de material; –Definir novas dimensões para prateleiras de armazenamento de tampas	Dora Enes; Hugo Ribeiro; Vítor Gomes	Mar/14- Mai/14	Linha de montagem final 2

<b>Ajuste de capacidade</b>	Excesso de recursos, para 2015	–Ajustar os recursos aos volumes de produção	Equipa <i>Kaizen</i>	Jul/14- Set/14	Secção de Montagem Final
-----------------------------	--------------------------------	--	----------------------	-------------------	--------------------------

## 5.1 Otimização dos Tempos de Ciclo

Com o objetivo de obter maior eficiência no balanceamento das linhas de montagem final, bem como, melhorar o fluxo de produção e otimizar os tempos de produção, criou-se uma Equipa *Kaizen*. A equipa foi constituída por oito elementos, de vários departamentos, nomeadamente, da Produção, da Logística, da Qualidade e da Engenharia. O horizonte temporal deste projeto foi de quatro semanas, compreendidas entre os meses de Abril e Junho.

Após o levantamento dos TC de cada um dos postos de trabalho para todos os produtos, (analisados na secção 4.2.3 e apresentados no Anexo V – Estudo dos Tempos, a equipa decidiu, primeiramente, solucionar o problema dos *bottlenecks* existentes. Como foi referido anteriormente, na ótica da empresa, consideram-se *bottlenecks*, todos os processos a montante ou jusante das linhas de montagem final, cujo TC de um produto, não se encontra dois segundos a abaixo do TC da montagem final do mesmo produto. Uma vez que, esta situação, impede que a cadência de produção seja ditada pelas linhas de montagem final, resultando em esperas e acumulação de WIP. Nesse sentido, a célula de *trimplates 2*, bem como, o posto AVI das linhas de teste, foram o foco inicial. Em seguida, realizou-se o balanceamento da linha 3 para do produto E e a redução do TC do produto A, nas linhas de montagem final.

### 5.1.1 Remoção do *Bottleneck* na Célula de *Trimplates 2*

Na célula 2, assim como nas outras células, o posto que contém os *robots* de aparafusamento define a cadência do sistema, ou seja, é o posto com maior TC dentro de uma célula. Assim, de modo a remover o *bottleneck* existente na célula 2, a equipa *Kaizen*, focou as suas atenções no posto dos *robots*.

Através dos tempos recolhidos, verificou-se que o TC do posto em questão, seria satisfatório, caso se adicionasse um *robot* na célula. Esta medida, normalmente, implicaria grande investimento monetário, por parte da empresa. No entanto, verificou-se a existência de um *robot* de aparafusamento, semelhante aos utilizados na célula 2, no armazém de máquinas desativadas, que havia sido retirado da produção no passado, por excesso de capacidade.

A equipa transportou o *robot* para o edifício destinado à produção e instalou os programas de aparafusamento, correspondentes aos produtos C, preparando assim a máquina, para a sua implantação na célula 2.

Na Tabela 15, são apresentados os TC relativos ao estado inicial, bem como, à situação após a introdução do *robot*. Na mesma tabela, encontram-se ainda, os TC, associados aos produtos em questão, da montagem final, para que se possa comparar e verificar a remoção do *bottleneck*. No Anexo IX – Tempo de Ciclo da Célula 2, está presente o levantamento dos TC do posto que engloba os três *robots*, assim como, esses tempos para a nova configuração da célula (quatro *robots*).

Tabela 15 - Tempos de Ciclo da Célula 2, antes e depois da inserção do *robot*

Produto	TC Montagem Final (seg)	TC com 3 <i>robots</i> (seg)	TC com 4 <i>robots</i> (seg)
C1	19,5	20,6	<b>15,45</b>
C2	25	30,2	<b>22,66</b>

Como é perceptível na Tabela 15, com os quatro *robots* é possível alcançar um TC inferior ao da linha de montagem. Logo, confirma-se a remoção do *bottleneck*, que inicialmente existia, neste processo. Com esta redução do TC, consegue-se ainda uma maior ocupação no trabalho da operadora, uma vez que, fica menos tempo à espera para colocar e retirar *trimplates* nos *robots*.

Para terminar o trabalho na célula 2, foi necessário definir, ainda, o local do novo *robot*. Assim, na Figura 48, é possível visualizar o estado inicial, bem como, o local escolhido para a nova máquina.

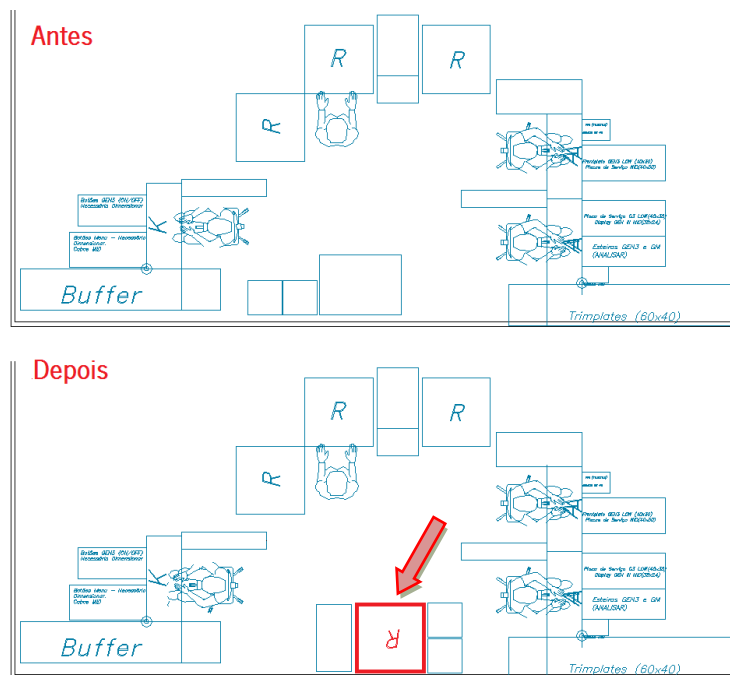


Figura 48 - Layout da Célula 2 antes e depois da inserção do *robot*

Como não é viável alargar a distância entre os postos de trabalho da célula, para inserir a máquina alinhada com os outros *robots*, devido à existência do supermercado de SMT a jusante, e das linhas de montagem final a montante, optou-se por colocar o *robot* em frente dos restantes.

#### 5.1.2 Remoção do *bottleneck* no Posto AVI da Linha de Testes

Como foi referido na secção 4.1.2, o posto AVI verifica a conformidade visual do aparelho, isto é, qualquer desvio, na constituição visual definida, é assinalado, permitindo, assim, identificar vários defeitos nos auto-rádios. No entanto, esta máquina, qualifica os aparelhos, como "maus", também, quando estes apresentam diferenças não significativas para a qualidade dos mesmos. Casos como parafusos com tonalidades mais escuras, riscos ou brilhos em zonas do aparelho não visíveis ao utilizador final e deformações irrelevantes na armação metálica do auto-rádio, são reconhecidas e rejeitadas pela máquina.

Como forma de verificação da qualidade desejada, quando um aparelho é considerado "mau" pela AVI, o operador alocado a esse posto, faz a classificação do produto. Este recebe a indicação do defeito encontrado pela AVI, observa a irregularidade e atribui uma classificação. Caso o defeito detetado pela máquina comprometa, na ótica do cliente, a qualidade do aparelho, o operário classifica-o como "mau" e envia-o para a reparação. Caso seja um dos defeitos referidos anteriormente, que não põem em causa a qualidade esperada do produto, este é classificado como "bom", seguindo o processo, na linha de testes.

A percentagem de aparelhos considerados "maus" pela AVI é de 37%, contudo a percentagem de auto-rádios que realmente são defeituosos e conseqüentemente rejeitados pelo operador é de 1,01% da produção total. Embora a percentagem de defeituosos seja reduzida, a presença da AVI é indispensável, uma vez que se não se detetar os 1,01% de aparelhos maus, estes serão enviados para o cliente, tendo isso um impacto bastante negativo na empresa.

A classificação é feita, com o aparelho inserido na base da máquina AVI, implicando que, a máquina, esteja parada enquanto o operador avalia o auto-rádio. Assim, a classificação resulta em tempo improdutivo, aumentando o TC do posto de trabalho.

Quando um aparelho chega ao posto AVI, o colaborador coloca-o na máquina, esta realiza o teste, avaliando-o. Caso seja considerado bom, o operário retira-o da máquina e coloca-o no posto seguinte. No caso de reprovar no teste, o operador, primeiro, classifica o auto-rádio e só depois o retira da AVI,



colocando-o no posto seguinte caso seja bom, ou no *buffer* de não conformes se realmente estiver mau.

Na Tabela 16, estão presentes os tempos associados aos elementos e movimentações realizadas durante o teste de um aparelho (caso este seja bom ou mau), bem como, o TC da montagem final, que serve de referência, uma vez que se pretende reduzir o TC do posto em questão, para 2 segundos abaixo do TC da montagem final.

Tabela 16 - Tempos associados ao conteúdo de trabalho no posto AVI, em segundos

		TC Montagem Final	Colocação	Teste Máquina	Classificação	Remoção	Deslocação	TC
BOM	C1	19,5	2,4	10	0	2,4	3	17,8
	E	27,5	2,4	14,5	0	2,4	3	22,3
MAU	C1	19,5	2,4	10	5	2,4	3	22,8
	E	27,5	2,4	14,5	5	2,4	3	27,3

Note-se que, caso o aparelho seja considerado conforme pela AVI, o TC do posto é aceitável, no entanto, quando é necessário realizar a classificação do auto-rádio, o TC torna-se problemático. Como há uma percentagem elevada de aparelhos considerados, pela máquina, como "maus" (que na realidade não estão, como foi explicado anteriormente), a classificação é um processo, frequentemente, realizado. Isto faz com que, o tempo gasto na classificação, tenha um impacto bastante negativo no fluxo de produção e no WIP.

Desta forma, a equipa *Kaizen*, projetou um posto independente, destinado à classificação do aparelho (Figura 49 - Posto de Classificação), no exterior da máquina. Assim, quando um auto-rádio é rejeitado pela AVI, o operador retira-o da máquina e coloca-o no posto de classificação, que se encontra ao lado da AVI. Seguidamente, insere um novo aparelho na máquina e, enquanto esta realiza o teste ao novo aparelho, o colaborador avalia e classifica o auto-rádio que, anteriormente, foi considerado "mau".



Figura 49 - Posto de Classificação

Com esta alteração, é possível eliminar o tempo em que a máquina está parada, à espera da classificação do aparelho, por parte do colaborador. Como o tempo de teste da máquina é superior ao tempo que o operador demora a avaliar um auto-rádio no posto de classificação, e sendo essa avaliação feita durante o tempo de teste, então, o TC do posto AVI é igual, para todos os aparelhos, independentemente do estado ("bom" ou "mau") dos mesmos, como se pode verificar na (Tabela 17).

Tabela 17 - Tempos, em segundos, associados ao posto AVI, depois da criação do posto de classificação

		TC Montagem Final	Colocação	Teste Máquina	Classificar	Remoção	Deslocação	TC
BOM	C1	19,5	2,4	10	0	2,4	3	17,8
	E	27,5	2,4	14,5	0	2,4	3	22,3
MAU	C1	19,5	2,4	10	0	2,4	3	17,8
	E	27,5	2,4	14,5	0	2,4	3	22,3

Como se referiu anteriormente, os tempos utilizados para efetuar as melhorias, são tempos teóricos, obtidos pela contagem das *motions*. Assim, para constatar as melhorias, em situação real, a equipa procedeu ao levantamento dos TC, a partir de observações *in loco*. Estes dados são apresentados no Anexo X – Tempo de Ciclo do Posto AVI.

### 5.1.3 Balanceamento da Linha para o Produto E

Para efetuar o balanceamento da linha para o produto E, o grupo analisou os elementos/*motions* de cada posto, bem como os tempos associados. Nesse sentido, comparou-se os TC apresentados na

secção 4.2.3, com as instruções de trabalho do produto E, onde cada elemento contém um certo número de movimentos, e cada movimento é representado por um tempo *standard* de 0,6 segundos.

Na Tabela 18, estão presentes os elementos afetados pelo novo balanceamento, sendo que, no Anexo XI – Balanceamento da Linha para o Produto E, encontram-se, de forma detalhada, todas as atividades associadas à montagem dos artigos E, para cada posto de trabalho, bem como, os tempos respetivos.

Tabela 18 - Alterações feitas no conteúdo de trabalho para cada posto de montagem do produto E

	Elemento	
	Antes	Depois
Posto 1	ZIF <i>Cable</i>	-
Posto 2	-	ZIF <i>Cable</i>
Posto 3	LIF <i>Cable</i>	-
Posto 4	Remoção do protetor do <i>most</i>	LIF <i>Cable</i>
Posto 5	2x parafusos	Remoção do protetor do <i>most</i>
Posto 6	Colocação da tesa	2x parafuso

O *Zero Insertion Force* (ZIF) *Cable*, que inicialmente se colocava no posto 1, passou a ser inserido no posto 2. Enquanto que, a colocação do *Low Insertion Force* (LIF) *Cable*, passou do posto 3 para o posto 4. Neste posto, era, ainda, removido o protetor do conector *most*, no entanto, esse elemento passou a ser efetuado no posto 5, que por sua vez, deixou de ser responsável pelo aparafusamento de dois parafusos, na parte lateral do aparelho. Assim, este aparafusamento passou a ser feito no posto 6, sendo ainda eliminada, deste posto, a colocação da tesa no mecanismo, que consiste numa película refrigeradora, que o cliente deixou de exigir.

Estes tempos são apresentados na Tabela 19, contendo esta, os tempos antes e depois das alterações feitas, bem como, a Eficiência do Sistema e o Índice de Planura, associados. Note-se que, estes tempos são contabilizados a partir do número de *motions*, logo, não correspondem, na íntegra, aos obtidos através da cronometragem dos TC para este produto (Anexo XI – Balanceamento da Linha para o Produto E). No entanto, são valores quase idênticos, indicando que, as *motions* definidas, condizem com o conteúdo de trabalho realizado.

Tabela 19 - Tempos de ciclo, por posto, antes e depois do balanceamento

		Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5	Posto 6	TC	Eficiência do sistema	Índice de Planura
TC (seg)	Antes	27,6	22,8	25,8	24,0	27,0	19,8	27,6	88,8%	10,0
	Depois	25,2	25,2	23,4	24,0	23,4	25,2	25,2	96,8%	2,8

Com este balanceamento do produto, obteve-se maior uniformidade entre os tempos de cada posto de trabalho, bem como, uma diminuição do TC do aparelho. Assim, foi possível obter uma maior Eficiência no Sistema, bem como, um Índice de Planura mais próximo do ideal.

Para se confirmar estes tempos e verificar, em tempo real, as melhorias efetuadas, o grupo procedeu à observação dos TC, do produto em questão, após o rebalanceamento. Estes dados são apresentados na Tabela 120 do Anexo XI – Balanceamento da Linha para o Produto E. Através da análise dessa tabela, pode-se afirmar que o TC, da montagem final dos produtos da marca E, diminui e o balanceamento do mesmo encontra-se mais uniforme.

#### 5.1.4 Redução do Tempo de Ciclo do Produto A

Durante o levantamento dos TC, para cada posto do produto A, verificou-se que, os TC estavam aceitavelmente balanceados, à exceção da disparidade do TC do posto 4, relativamente aos restantes. Seguidamente, o grupo analisou o conteúdo de trabalho para o respetivo posto, concluindo que, este é destinado, apenas, à colocação do mecanismo no aparelho (Tabela 20). Ou seja, todas as tarefas efetuadas durante um ciclo de trabalho no posto, visam a colocação do mecanismo, não havendo, assim, montagem ou inserção de qualquer outro material. Isto impossibilita a passagem de elementos para outro posto de trabalho, visto que, como medida de qualidade e para prevenir o aparecimento de parafusos dentro dos aparelhos, a montagem do mecanismo tem que ser efetuada na íntegra, num determinado posto. Assim sendo, não é viável, por exemplo, conectar o cabo do mecanismo na placa e posicioná-lo no aparelho, num determinado posto, e apertar os parafusos que fixam o mecanismo ao auto-rádio no posto seguinte. Desse modo, a solução para este problema, passa pela melhoria das ferramentas e qualidade de trabalho, nomeadamente, pelo aperfeiçoamento do dispositivo.

Tabela 20 - Elementos que caracterizam o posto 4 da montagem final do produto A

Posto 4			
Nº tarefa	Elementos	Movimentos (uni)	Tempo (seg)
1	Pegar aparelho e colocar no dispositivo	2	1,2
2	Pegar mecanismo e colocar no dispositivo	3	1,8
3	Conectar cabo do mecanismo à placa principal	6	3,6
4	Posicionar mecanismo no aparelho	4	2,4
5	Colocar tampa de proteção	3	1,8
6	Apertar 3x parafusos	15	9,0
7	Retirar tampa de proteção	3	1,8
8	Colocar aparelho no posto seguinte	2	1,2
		38,0	22,8

A equipa constatou que, o dispositivo do posto 4 (Figura 50), era composto por três estruturas distintas. Nomeadamente, uma base que suporta o aparelho (Figura 50A), uma base que suporta o mecanismo e auxilia a ligação do cabo à placa principal (Figura 50B), e ainda, uma tampa protetora, que previne a queda de parafusos, no interior dos aparelhos (Figura 50D). O operador, para poder realizar o aparafusamento do mecanismo, tem que colocar sobre o auto-rádio a tampa protetora, retirando-a após realizada a tarefa. A colocação e remoção desta tampa são atividades que não acrescentam valor ao aparelho, logo, serão estas, o foco das atividades para a otimização do tempo produtivo.

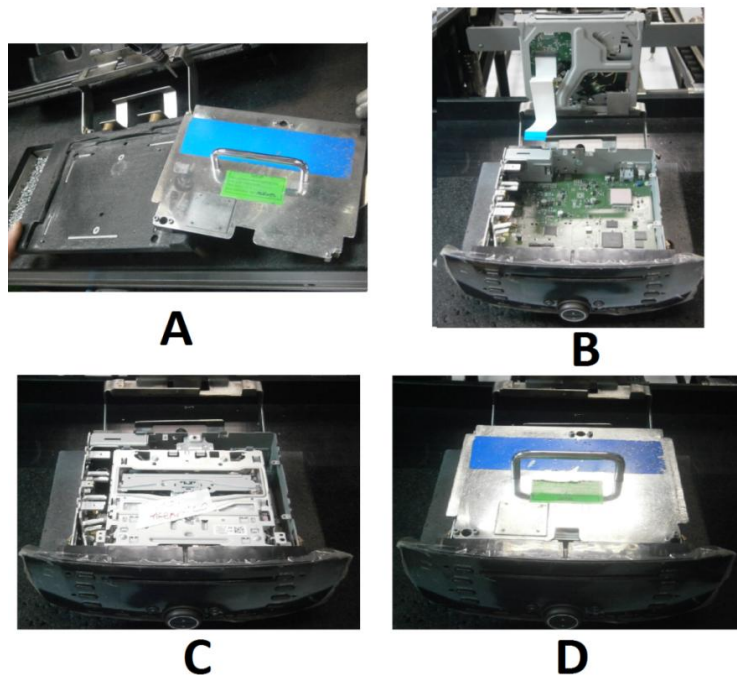


Figura 50 - Dispositivo antigo para o posto 4 do modelo A5

Assim, de forma a eliminar as atividades de colocar/remover a tampa de proteção do aparelho, o grupo conferenciou com o responsável pelo desenho e projeção de dispositivos, sobre o assunto. Visto que já era necessário, desenvolver novos dispositivos para o produto A, como foi referido na secção 4.2.6, pensou-se ser pertinente, desenvolvê-los já com as melhorias necessárias.

Nesse sentido, o novo dispositivo do posto 4, foi projetado para efetuar o mesmo conteúdo de trabalho que o antigo. No entanto, fá-lo-á de uma forma mais otimizada, garantindo maior qualidade no *error-proofing* e menor TC. Este será composto por uma base de suporte do aparelho (Figura 51A) e do mecanismo (Figura 51B), semelhante ao dispositivo anterior, mas, para substituir a tampa de proteção, foi desenvolvido um sistema de tapamento automático (Figura 51D). Isto é, quando o aparelho é colocado no dispositivo e o mecanismo no aparelho, o operador fecha a gaveta e realiza o

aparafusamento dos três parafusos, correspondentes à fixação do mecanismo. O programa inserido na máquina de aparafusamento, reconhece que foi apertado o número necessário de parafusos, e o dispositivo liberta a gaveta, abrindo-a com a ação de uma mola. Desta forma, são eliminados os movimentos, relacionados com a remoção da tampa de proteção.

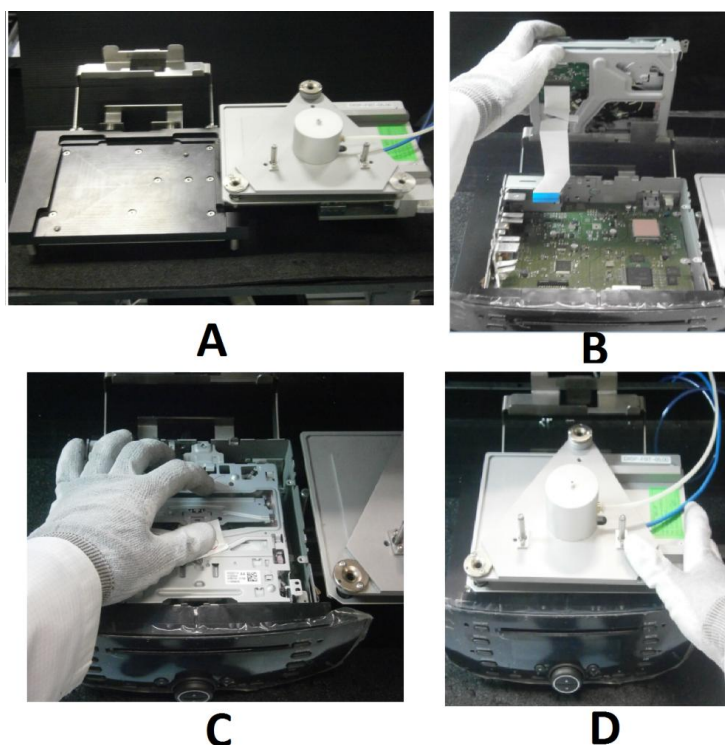


Figura 51 - Dispositivo novo para o posto 4 do modelo A5

Na Tabela 21, é apresentado o impacto do novo dispositivo, nos movimentos, para realizar o conteúdo de trabalho referente ao posto 4, para o produto A, bem como, o tempo associado a cada *motion*.

Tabela 21 - Elementos que caracterizam o posto 4 da montagem final do produto A, com a alteração feita no dispositivo

Posto 4			
Nº tarefa	Elementos	Movimentos (uni)	Tempo (seg)
1	Pegar aparelho e colocar no dispositivo	2	1,2
2	Pegar mecanismo e colocar no dispositivo	3	1,8
3	Conetar cabo do mecanismo à placa principal	6	3,6
4	Posicionar mecanismo no aparelho	4	2,4
5	Fechar "gaveta" do dispositivo	2	1,2
6	Apertar 3x parafusos	15	9
8	Colocar aparelho no posto seguinte	2	1,2
		34,0	20,4

Com a implementação do novo dispositivo, como se pode verificar na tabela anterior, obteve-se uma redução do TC. Assim, na Tabela 22, são apresentados os TC antes e depois das ações realizadas, bem como, a Eficiência do sistema e o Índice de Planura, associados.

Tabela 22 - Tempos de ciclo, por posto, antes e depois do balanceamento

		Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5	Posto 6	TC	Eficiência do sistema	Índice de Planura
TC (seg)	Antes	17,5	18,8	19,6	22,0	18,2	18,2	22,0	86,6%	8,1
	Depois	17,5	18,8	19,6	20,5	18,2	18,2	20,5	91,8%	4,8

Segundo os dados apresentados previamente na tabela, é possível concluir que as medidas efetuadas, permitiram aumentar a eficiência, otimizando-se assim os processo referente à montagem final dos aparelhos da marca A.

Assim como no balanceamento para o produto E, de modo a se verificar as melhorias em tempo real, a equipa *Kaizen* procedeu ao levantamento do TC do posto 4 para o produto A. Apenas se contabilizou o tempo para este posto, dado que, este foi o único que sofreu alterações. Os TC, correspondentes ao levantamento efetuado, estão presentes no Anexo XII –Tempo de Ciclo do Produto A, a partir dos quais, é possível verificar que, realmente, se obteve uma diminuição do TC do produto.

## 5.2 Implementação do modelo A5 na Linha de Montagem Final 2

Como foi referido na secção 4.2.6, foram necessárias várias ações, de modo a capacitar a linha de montagem final 2, para a produção do modelo A5. Assim, as principais atividades são: a inserção de um posto de trabalho para a colocação do passaporte, a duplicação dos dispositivos da marca A, a criação de Instruções de Trabalho do modelo A5 e construção de novas rampas de abastecimento.

### 5.2.1 Duplicação dos Dispositivos

Nesse sentido, inicialmente, duplicaram-se os dispositivos (Figura 52), uns exatamente iguais aos, atualmente, existentes na linha 1, e outros aperfeiçoados, de modo a, melhorar a qualidade de trabalho e do aparelho, como é o caso do dispositivo do posto 4, enunciado anteriormente na secção 5.1.4.

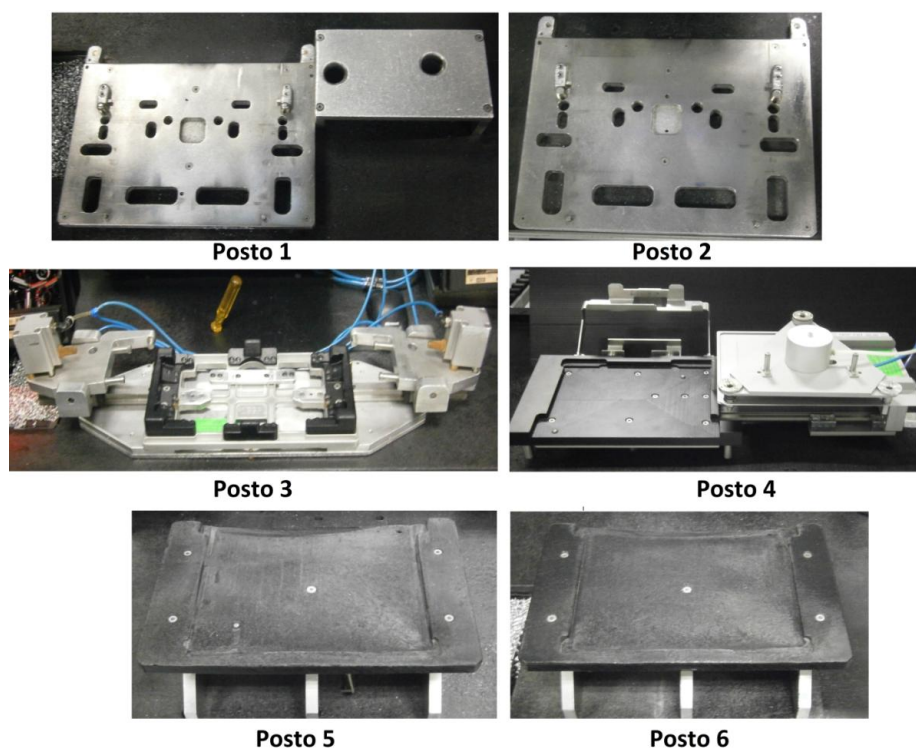


Figura 52 - Dispositivos para o modelo A5

Para completar as ações referentes aos sistemas *Poka-Yoke*, foram instalados os programas de aparafusamento, nas máquinas das aparafusadoras da linha 2. Desta forma, é possível controlar a sequência e qualidade de aparafusamento.

#### 5.2.2 Implantação do Posto Passaporte

Em seguida, construiu-se a estrutura para o posto do passaporte, que posteriormente, foi inserida na linha de testes, entre o posto de etiquetagem e a máquina AVI (Figura 53). O posto foi introduzido neste local, de modo a que, a leitura do código QR que imprime a etiqueta (no posto Etiquetagem), seja a mesma que imprime o passaporte.





Figura 53 - Posto Passaporte na linha de montagem final 2

### 5.2.3 Criação de Trabalho Normalizado

No Anexo XIII – Trabalho Normalizado constam as Instruções de Trabalho, realizadas para cada posto da montagem final do aparelho A5. A partir desse documento é possível verificar a sequência de atividades, bem como, os movimentos e tempos associados.

Aquando do balanceamento do produto A, na secção 5.1.4, realizou-se também o *Work Combination Table* para o modelo A5, sendo este, também apresentado no Anexo XIII – Trabalho Normalizado. Este instrumento permitiu ter um *overview*, dos tempos associados a cada posto de trabalho, em comparação com o TT.

### 5.2.4 Construção de novas Rampas de Abastecimento

Durante o planeamento da estrutura e medidas, das novas rampas de abastecimento, teve-se em conta vários problemas, apresentados na análise crítica do sistema. Nesse capítulo, constatou-se que, a linha de montagem final 2, tinha uma perda excessiva de tempo produtivo, por falta de material (secção 4.2.2). Nesse sentido, os caixilhos e as tampas de cobertura do aparelho, foram identificados como principais materiais em falta. Seguidamente, verificou-se, através da opinião dos colaboradores e de uma análise antropométrica às rampas de abastecimento, que estas possuíam alturas pouco adequadas, para a média de aturas dos colaboradores (secção 4.2.7). Por fim, efetuou-se uma análise

ao Peso Limite Recomendado para o manuseamento de cargas e o Índice de Elevação, procurando ajustar as medidas das rampas ao peso do material (secção 4.2.7).

### *Falta de Material (Comprimento)*

Para combater a falta de caixilhos, no posto 1 da linha de montagem final 2, analisaram-se as dimensões dos diferentes caixilhos, de modo a se definir as medidas ideais, para o comprimento da rampa, tendo em conta o lote (12 unidades) ou múltiplos deste.

Inicialmente, a rampa de abastecimento dos caixilhos continha três entradas, como se pode verificar na Figura 54. No entanto, devido ao formato do caixilho para os produtos C1 e C2, a mesma rampa, contava apenas com uma entrada.

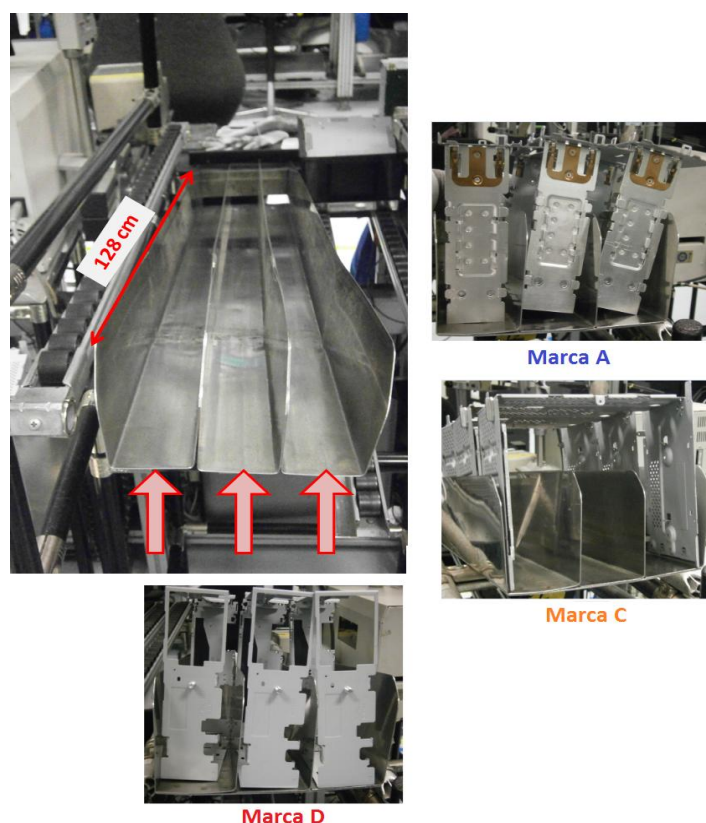


Figura 54 - Rampa de caixilhos antiga

Para se aumentar a capacidade da rampa de abastecimento, objetivando o aumento do tempo de autonomia, alongou-se o comprimento da mesma. A dimensão pretendida era tal que suportasse um número de caixilhos, que correspondesse a um certo número de lotes, visto que, na situação atual, a rampa suporta um número aleatório de caixilhos, não havendo, critério nem controlo na quantidade de reabastecimento.

Assim, com base na dimensão dos caixilhos, verificou-se que, uma rampa de 160cm de comprimento (Figura 55), possibilitava o aumento da quantidade de caixilhos suportada, para um número de unidades correspondente a 2 ou 3 lotes, dependendo da marca do produto. Uma vez que, produtos diferentes, requerem caixilhos de tamanhos diferentes.

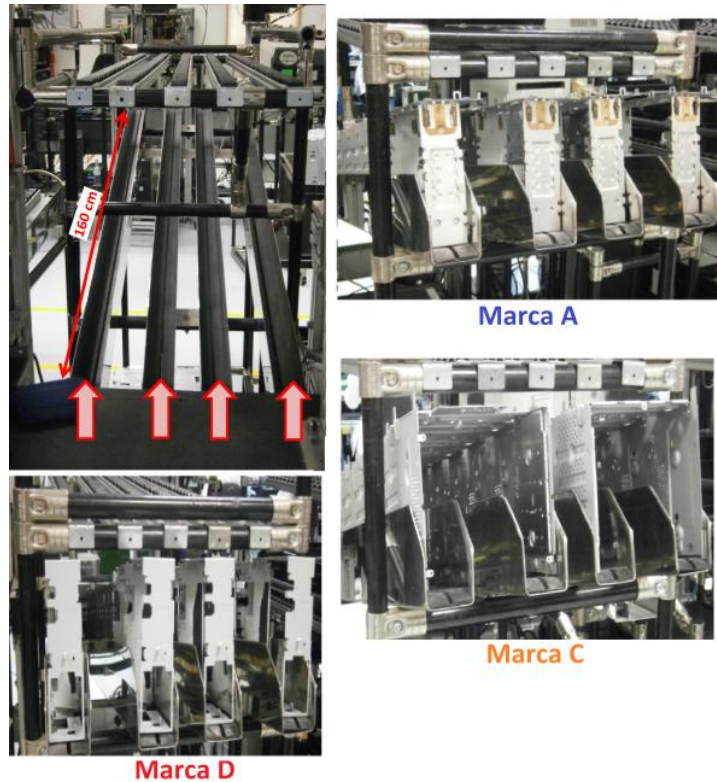


Figura 55 - Rampa de caixilhos nova

A Tabela 23 apresenta a capacidade da rampa de abastecimento, em número de caixilhos e lotes, para a situação inicial, bem como, para a rampa com as novas dimensões. A partir desta tabela, é possível verificar a aleatoriedade do número de lotes de caixilhos que existia anteriormente, e a definição do número de lotes que existe atualmente

Tabela 23 - Capacidade da rampa de abastecimento, em número de caixilhos

Produto	Comprimento do caixilho (cm)	Capacidade da Rampa (unidades)	
		Antes (128cm) (unidades)	Depois (160cm) (unidades)
A	26	15 (1,25 lotes)	24 (2 lotes)
C1	8,5	15 (1,25 lotes)	36 (3 lotes)
C2	8,5	15 (1,25 lotes)	36 (3 lotes)
D	17,5	21 (1,75 lotes)	36 (3 lotes)

A quantidade de caixilhos, suportada pela rampa de abastecimento, traduz-se em tempo de autonomia, isto é, o intervalo de tempo em que a rampa contém material, para alimentar a linha de montagem.

Assim, na Tabela 24, podem-se constatar as melhorias, traduzidas em tempo, obtidas com o aumento do comprimento da rampa. Esta mudança vai permitir maior folga, na rota de abastecimento e diminuir a probabilidade de falta de caixilhos, na produção.

Tabela 24 - Capacidade da rampa de abastecimento, em intervalo de tempo

Produto	TC (segundos)	Capacidade da Rampa (minutos)	
		Antes	Depois
A	21	5,3	8,4
C1	19,5	4,9	11,7
C2	25	6,3	15,0
D	21	7,4	12,6

O tempo de autonomia, apresentado anteriormente, foi calculado tendo em conta, o número máximo de caixilhos, que a rampa pode conter, e o TC do produto, que traduz de quanto em quanto tempo se gasta um caixilho.

No que diz respeito à falta de tampas de cobertura, identificou-se que a caixa utilizada, não era a mais apropriada, no entanto, era a única que cabia nas rampas de abastecimento. As tampas vem do fornecedor nas caixas da Figura 56A, que contém quantidades compreendidas entre as 60 e 80 unidades. Contudo, as rampas não estavam habilitadas para o uso dessas caixas, isto porque, o formato da caixa dificultava a retirada do conteúdo, por parte dos colaboradores na linha de montagem final. Assim, no passado, criou-se uma outra caixa (Figura 56B), cuja a estrutura facilitava a remoção do conteúdo. Todavia, os colaboradores responsáveis pelo abastecimento, teriam que efetuar o *re-packing*, ou seja, transferir o material da caixa do fornecedor para a caixa utilizada na linha. Como é perceptível na Figura 56, a caixa do fornecedor suporta mais unidades que a caixa personalizada. Desta forma, a quantidade de tampas que entram na linha de montagem será reduzida.

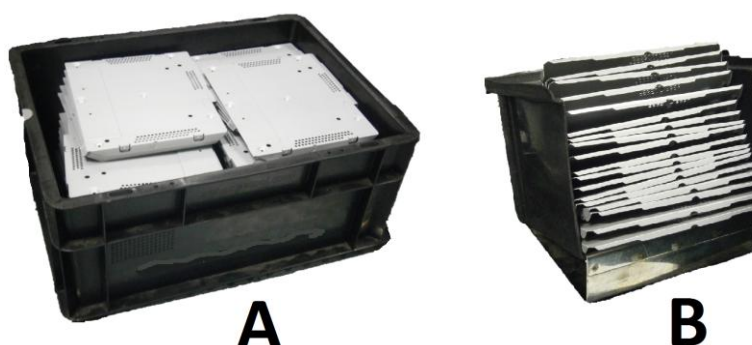


Figura 56 - A) Caixa do fornecedor; B) Caixa personalizada

Durante a projeção, e posterior, construção das novas rampas de abastecimento, pretendeu-se eliminar a caixa personalizada (Figura 57A) e preparar a linha para a entrada da caixa do fornecedor, sem que

esta dificulte a remoção do material. Assim, criou-se um sistema no qual a caixa do fornecedor fica inclinada (Figura 57B), à frente do operador, sendo possível alcançar o conteúdo facilmente. Isto permite que seja eliminada a caixa personalizada, bem como o *re-packing* associado, e ainda, aumentar a quantidade abastecida por caixa.

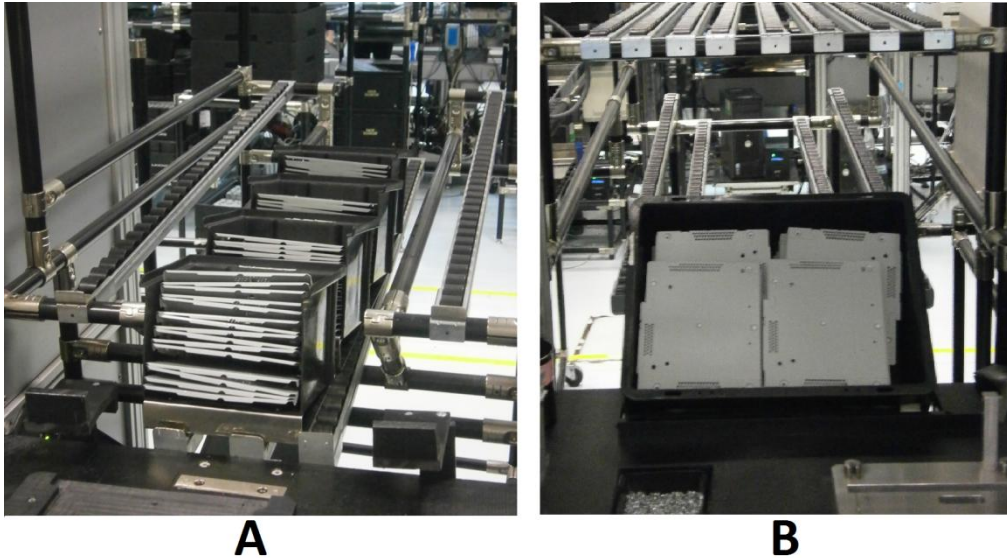


Figura 57 - Linha abastecida com: A) caixas personalizadas; B) caixa do fornecedor

A quantidade de tampas presentes numa caixa, como foi referido anteriormente, varia de 60 a 80 unidades. No entanto, como se pretende abastecer o material tendo em conta os lotes, propôs-se ao fornecedor, enviar as caixas com 72 unidades, ou seja, seis lotes.

Na Tabela 25, pode-se constatar o tempo que demora, para se consumir o conteúdo de uma caixa, tanto para a caixa personalizada, como para a caixa do fornecedor.

Tabela 25 - Capacidade das caixas de tampas

	TC médio da linha (segundos)	Unidades/Caixa	Duração máx. do conteúdo/caixa (minutos)
Caixa personalizada	21,6	18 (1,5 lotes)	6,5
Caixa fornecedor	21,6	72 (6 lotes)	25,9

As caixas de tampas estão armazenadas, numa prateleira, sob a rampa de abastecimento da linha de montagem. No caso em que se utiliza a caixa personalizada, o operador transfere as tampas da caixa do fornecedor e coloca-a na rampa de abastecimento. No caso de se utilizar a caixa do fornecedor, o colaborador apenas tem que pegar numa das caixas do fornecedor, que se encontram em baixo da rampa, e coloca-la na entrada de material da rampa.

Com a eliminação das caixas personalizadas, obtém-se, também, um ganho no tempo despendido para abastecer as tampas. Isto acontece devido ao *re-packing* e à quantidade reduzida de tampas, que estas suportam. Em relação às caixas personalizadas, estas têm, apenas, capacidade para 18 tampas, o que implica que sejam colocadas 4 caixas por abastecimento, de modo a permitir que, o operador tenha tempo para abastecer o resto dos postos de montagem. E como, para encher cada caixa, é necessário haver um *re-packing*, fez-se uma análise do tempo ganho, com a utilização da caixa do fornecedor. Na Tabela 26 está presente o tempo necessário para abastecer a linha com uma caixa (personalizada ou do fornecedor), bem como, a comparação do tempo necessário para abastecer a linha com 72 tampas.

Tabela 26 - Tempo de reabastecimento para as diferentes caixas

	Nº de caixas	Tempo de reabastecimento de uma caixa (segundos)	Tempo de reabastecimento de 72 unidades (segundos)
Caixa personalizada	4	21	84
Caixa fornecedor	1	3	3

Note-se que a caixa personalizada demora 21 segundos para ser colocada na linha, devido ao *re-packing* que é necessário ser feito. Enquanto que, a caixa do fornecedor, apenas, requer que se transfira, da estante onde está alocada (por baixo da rampa) para o local de entrada de material na rampa.

Segundo a tabela apresentada anteriormente, pode-se concluir que, a mudança para a caixa do fornecedor, permite um ganho de 81 segundos, no reabastecimento da linha de montagem com este material.

Com o aumento dos *buffers*, para os caixilhos e tampas, nas rampas de abastecimento da linha 2, aumentou-se o tempo disponível para o colaborador responsável pelo abastecimento efetuar a rota *standard*. Assim, o operário já não necessita de recorrer à rota "alternativa", garantindo que, não há falta de material nas linhas de montagem 2, através da rota estipulada.

Nesse sentido, estas medidas, permitiram reduzir o tempo de paragem da linha 2 por falta de material. No entanto, para perceber o impacto que estas tiveram na eficiência da linha, analisou-se os *reports* de paragens nos meses de Agosto e Setembro. A Tabela 27 apresenta a média dos minutos por dia perdidos nesses dois meses. Contudo, os dados relativos a cada mês, encontram-se no Anexo XIV – Melhoria nas Paragens da Linha 2.

Tabela 27 - Causas das paragens da linha 2 e tempos médios por dia associados

LINHA 2	
Motivo	Min/dia
<i>Changeover</i>	5,97
Ginástica Laboral	4,67
Avar. Equipamentos	3,10
Limpeza P1	2,67
Aprendizagem	2,40
Experiências	1,93
<i>Pre-séries</i>	1,83
Reunião Secção	0,83
Mud. Rolo Imp.	0,50
Falta de materiais	0,30
Falta de Operadores	0,27
	<b>24,47</b>
<b>Tempo improdutivo (%)</b>	<b>2,19%</b>

Note-se que, o tempo de paragem por falta de material na linha 2, passou de 6,09 min/dia (Tabela 5 do secção 4.2.2), para 0,37 min/dia (Tabela 27). Esta melhoria permitiu diminuir a percentagem de tempo improdutivo, resultando, assim, num aumento do OE (Tabela 28).

Tabela 28 - Tempo improdutivo e OE, antes e depois, das melhorias efetuadas

	Linha 2	
	Tempo improdutivo	OE
<b>Antes</b>	3,80%	96,20%
<b>Depois</b>	2,19%	97,81%

Assim, através da tabela apresentada anteriormente, pode-se concluir que, as medidas implementadas para a resolução da falta de material, na linha de montagem final 2, garantiram uma maior eficiência ao sistema.

### *Antropometria (Altura)*

Com vista na saúde e bem-estar dos operadores, tentou-se baixar as rampas de abastecimento ao máximo. No entanto, a necessidade de haver o declive suficiente, para que, os tabuleiros e caixas desçam do ponto de entrada da rampa até à linha de montagem, bem como, a altura dos próprios tabuleiros, impossibilitou uma maior redução na altura das rampas, e consequente, o aumento da percentagem de satisfação da mão de obra.

A Figura 58 apresenta uma vista geral das rampas de abastecimento da linha 2, antes (Figura 58A) e depois (Figura 58B) da reestruturação das mesmas.

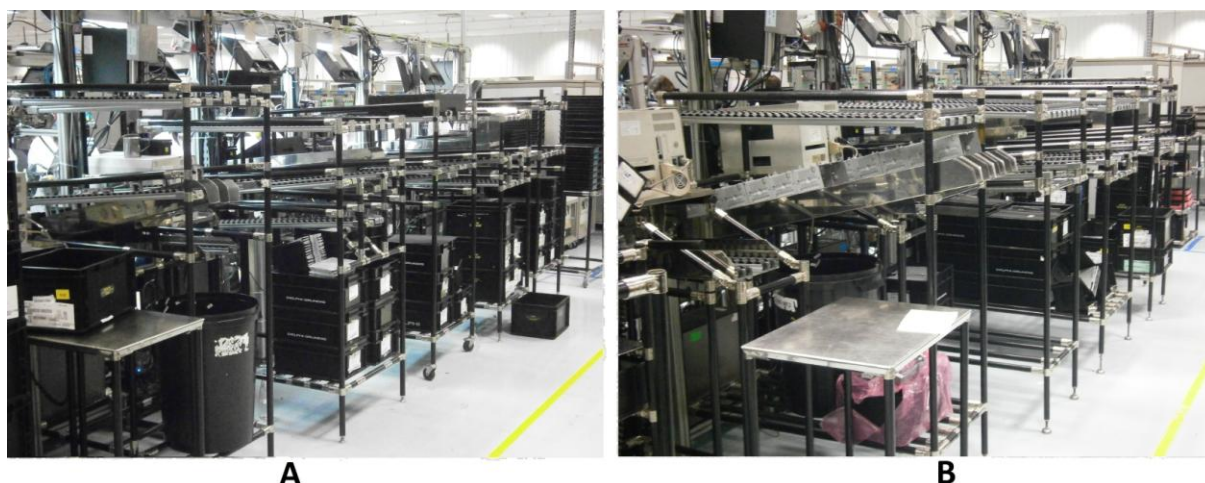


Figura 58 - A) Rampas de abastecimento antigas; B) Rampas de abastecimento novas.

Assim, a altura para o retorno dos tabuleiros vazios (saída de material) passou a ser 1 metro e 40 centímetros, enquanto que, a altura para entrada de material na linha passou a ser 1 metro e 12 centímetros (excetuando no posto 1, que é 1 metro e 20 centímetros). Na Tabela 29, são expostas as percentagens de satisfação para as alturas anteriormente mencionadas, bem como, a diferença dessa percentagem, entre as alturas das rampas antigas (secção 4.2.7) e das rampas novas.

Tabela 29 - Análise Antropométrica das novas rampas de abastecimento da linha de montagem final 2

	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5
Altura de saída de material (cm)	140	140	140	140	140
Percentagem de Satisfação	76,8%	76,8%	76,8%	76,8%	76,8%
Diferença entre Antes e Depois	73,6%	28,9%	41,3%	37,2%	53,7%
Altura de entrada de material (cm)	120	112	112	112	112
Percentagem de Satisfação	95,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Diferença entre Antes e Depois	57,2%	62,2%	62,2%	62,2%	62,2%

A partir da tabela, é possível verifica um aumento significativo da satisfação dos operadores. Note-se que, assim como na secção onde se analisou o estado inicial da altura das rampas de abastecimento (secção 4.2.7), o cálculo da satisfação dos clientes, foi obtido através da interpolação dos valores apresentados na Tabela 96 presente no Anexo VIII - Estudo Ergonómico.

### *Manipulação de Cargas (Peso)*

De modo a melhorar a manipulação de cargas e proteger os colaboradores de lesões físicas, na secção 4.2.7 foi apresentada uma análise ergonómica ao Peso Limite Recomendado e Índice de Elevação através da equação de NIOSH, para os diferentes materiais que abastecem a linha. Desse estudo conclui-se que, embora não sejam casos muito críticos, o abastecimento de mecanismos e de tampas



careciam de melhoria. Com a reestruturação das rampas de abastecimento, houve oportunidade para se efetuar tal aperfeiçoamento.

Assim, com base nos dados e cálculos apresentados, verificou-se que, no caso do abastecimento de mecanismos, ao aumentar a altura do carrinho de transporte e diminuir a altura da entrada de material, tornaria satisfatória a manipulação dos tabuleiros de mecanismos, durante o abastecimento das rampas. Nesse sentido, o carrinho que era utilizado anteriormente (Figura 59A), com 73 centímetros de altura, foi substituído por um com 85 centímetros (Figura 59B). Enquanto que, como apresentado anteriormente, na análise antropométrica, a altura de entrada do material nas rampas passou de 132 para 112 centímetros. Esta alteração permitiu aumentar o PLR e, conseqüentemente, obter um IE aceitável, em relação à manipulação dos tabuleiros de mecanismos (Tabela 30).

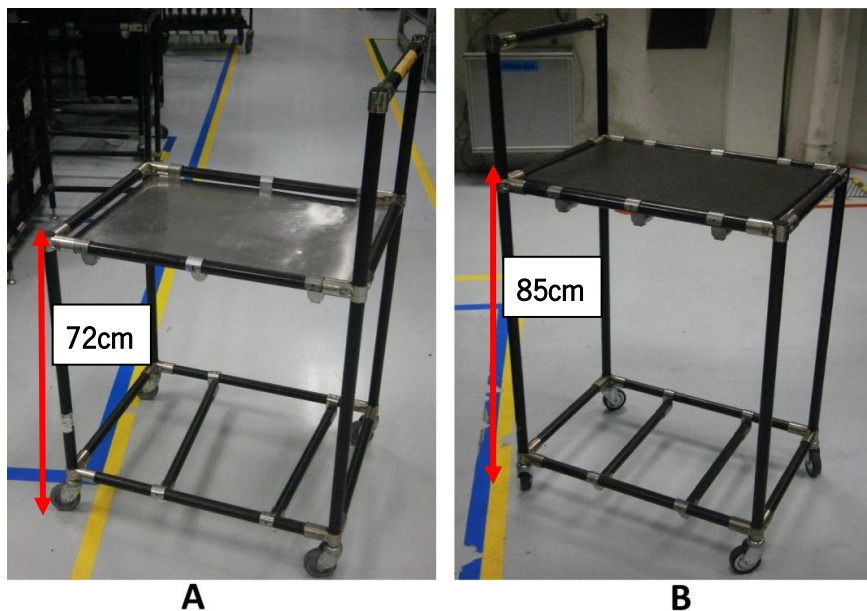


Figura 59 - Carrinho de transporte: A) Antigo; B) Novo

Quanto ao abastecimento das caixas de tampas, como estas se encontram armazenadas por baixo das rampas de abastecimento, o foco principal foi o aumento da altura da estante de armazenamento, e também, a diminuição da altura de entrada de materiais na rampa. Inicialmente, as caixas de tampas estavam alocadas a 15 centímetros do chão (Figura 60A), no entanto, ao construir as novas rampas, colocou-se a estante de armazenamento de tampas com 35 centímetros de altura (Figura 60B). Esta mudança, aliada a diminuição da entrada de material na rampa já referida, permitiu garantir valores de manipulação de carga admissíveis (Tabela 30).

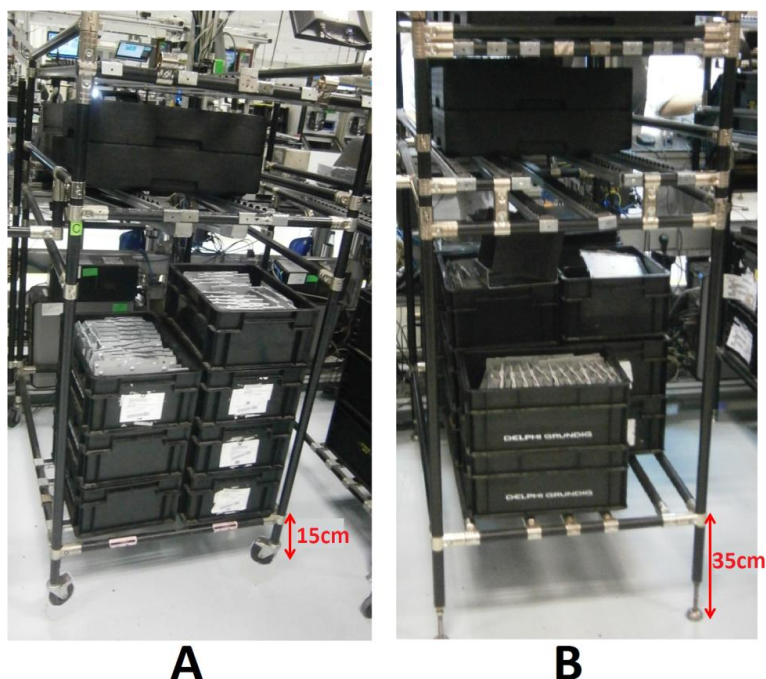


Figura 60 - Altura das prateleiras de armazenamento de tampas: A) Antes; B) Depois

Assim, através dos cálculos apresentados na Tabela 101, presente no Anexo VIII - Estudo Ergonómico, é perceptível a resolução dos problemas com a manipulação dos tabuleiros de mecanismos e as caixas de tampas. Contudo, a Tabela 30, apresenta o PLR e o IE associados aos levantamentos em estudo.

Tabela 30 - Resultados da equação de NIOSH após as alterações para: A) Mecanismos; B) Tampas

Mecanismo		Tampas	
PLR (Kg)	10,395	PLR (Kg)	7,976
Peso Atual (Kg)	10,321	Peso Atual (Kg)	7,894
IE	0,993	IE	0,990

Visto que, o Índice de Elevação, para os mecanismos e para as tampas, se encontra abaixo de 1, não existe risco de lesão, para os colaboradores. Assim, assegura-se o bem-estar do recurso mais importante da fábrica, isto é, a mão de obra.

### 5.3 Ajuste da Capacidade Produtiva

Na secção 4.2.5, realizou-se um estudo da capacidade produtiva da fábrica, onde se verificou que, em 2015, a Utilização das linhas seria bastante reduzida. Esta situação, obrigou a que se recorresse a medidas de ajuste de capacidade. Contudo, as melhorias que se foram desenvolvendo no sistema produtivo, permitiram que o ajuste da capacidade tivesse maior impacto.

O aumento do fluxo de produção, resultante da remoção dos *bottlenecks* identificados (secções 5.1.1 e 5.1.2), juntamente com a redução dos TC dos produtos E e A (secções 5.1.3 e 5.1.4), permitiram diminuir a Capacidade Necessária. Como se pôde comprovar na Tabela 10 da secção 4.2.5, a Capacidade Necessária para 2015 é bastante inferior, relativamente à Capacidade Realizada. No entanto, com as melhorias efetuadas, essa diferença tornou-se ainda mais acentuada.

Desta forma, foi possível planejar o dismantelamento de uma das linhas de montagem, bem como, da célula de *trimplates* que a precede, garantindo, no entanto, capacidade suficiente para produzir o que é necessário (Tabela 32). Isto permite contrapor a redução dos volumes de produção/vendas, através da redução nos custos de fabrico.

Posto isto, decidiu-se dismantelar a linha de montagem final 1, a célula de *trimplates* 1, o posto de trabalho da célula de mecanismos, dedicado à montagem de artigos para a linha 1, e o posto individual de manufatura dos *trimplates* da marca D (Figura 61). Optou-se por eliminar a linha de montagem 1, em detrimento das outras, uma vez que, esta linha tem aparafusadoras mais antigas (como se verificou na secção 4.2.1), máquinas de teste mais lentas e não possui uma AVI (como se referiu na secção 4.1.2). Outra razão para esta escolha, foi o fato da linha 3 estar dedicada ao produto E e da linha 2 estar habilitada para produzir todas as marcas de produtos, excetuando a marca E (como consequência das ações apresentadas na secção 5.2). Enquanto que, a linha 1, apenas estava capacitada para produzir artigos da marca A e B, além de que, os artigos da marca B, vão deixar de ser fabricados. Quanto ao posto individual, este será eliminado, dado que, a redução dos volumes de produção permite que os produtos, anteriormente fabricados no posto individual, sejam alocados à célula de *trimplates* 2.

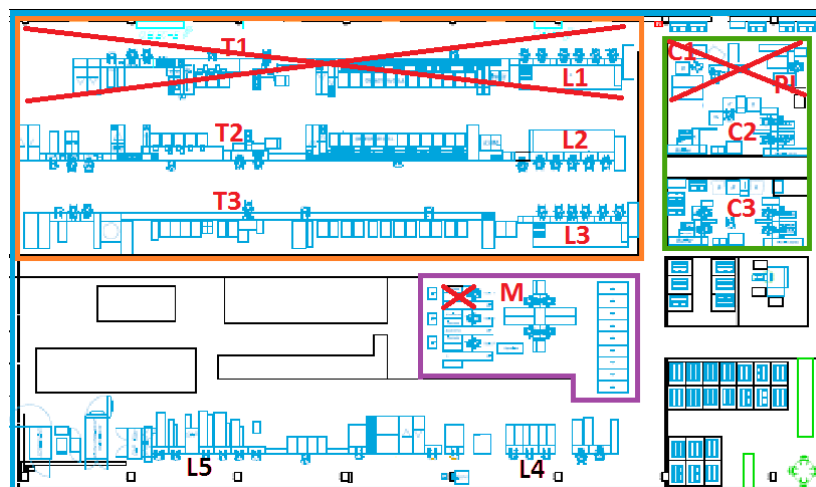


Figura 61 - *Layout* ilustrativo do ajuste de capacidade

Comparando as Capacidades da Tabela 31, com as da Tabela 32, são perceptíveis várias diferenças. Visto que, se pretende desligar a linha de montagem final 1, existe uma redução na Capacidade Instalada e, conseqüentemente, na Capacidade Disponível e na Capacidade Efetiva.

Relativamente à Capacidade Realizada na linha 2, esta aumentou, uma vez que, a linha passa a trabalhar durante todo o dia de trabalho, ao contrário dos 1,2 turnos que operava anteriormente. Outro fator, para este aumento da Capacidade Realizada, foi o aumento do OE, que se verificou com as melhorias efetuadas em relação à falta de material na linha 2 (apresentadas na secção 5.2.4).

No que diz respeito à Capacidade Necessária, esta é menor devido à redução do TC de dois produtos. A redução do TC do produto E, permitiu diminuir a Capacidade Necessária, de modo a que se garanta Capacidade Realizada suficiente, para realizar a produção necessária. Note-se que, anteriormente (Tabela 31), a Utilização da linha 3 era de 106%, o que se traduz em falta de capacidade, nessa linha.

No entanto, após a redução do TC, e conseqüentemente, da Capacidade Necessária, a Utilização passa a ser 98,3% (Tabela 32). Quanto à redução do TC do produto A, esta permitiu agregar os produtos da linha 1 na linha 2, possibilitando o desmantelamento da linha 1, aumentando a Utilização da linha 2 para 98,2% (Tabela 32).

Tabela 31 - Cálculo da Capacidades, antes da implementação de melhorias, considerando os volumes para 2015

Antes da implementação de melhorias						
	Capacidade Instalada (seg/dia)	Capacidade Disponível (seg/dia)	Capacidade Efetiva (seg/dia)	Capacidade Realizada (seg/dia)	Capacidade Necessária (seg/dia)	Utilização
Linha 1	86 400	57 600	55 440	54 265	31 163	57,4%
Linha 2	86 400	57 600	33 264	32 000	24 187	75,6%
Linha 3	86 400	57 600	55 440	54 287	57 543	106,0%
<b>Total</b>	<b>259 200</b>	<b>172 800</b>	<b>144 144</b>	<b>140 551</b>	<b>112 892</b>	<b>80,3%</b>

Tabela 32 - Cálculo da Capacidades, depois antes da implementação de melhorias, considerando os volumes para 2015

Depois da implementação de melhorias						
	Capacidade Instalada (seg/dia)	Capacidade Disponível (seg/dia)	Capacidade Efetiva (seg/dia)	Capacidade Realizada (seg/dia)	Capacidade Necessária (seg/dia)	Utilização
Linha 2	86 400	57 600	55 440	54 223	53 225	98,2%
Linha 3	86 400	57 600	55 440	54 287	53 358	98,3%
<b>Total</b>	<b>172 800</b>	<b>115 200</b>	<b>110 880</b>	<b>108 510</b>	<b>106 583</b>	<b>98,2%</b>

Através da comparação dos resultados evidenciados nas tabelas anteriores, verifica-se que, o ajuste de capacidade, proporcionou um aumento de 17,9% da Utilização das linhas de montagem final.

Com o desmantelamento de recursos, referido anteriormente, é necessário ajustar a alocação da mão de obra. Dado que, o número postos de trabalho necessários é menor, a necessidade de mão de obra também diminui. Assim, no Anexo XV – Ajuste de Capacidade é explicado este ajuste, sendo que, na Tabela 33, são apresentados os resultados dessa adaptação.

Note-se que, no que diz respeito ao 2º turno, os valores contém casas decimais, uma vez que, é tido em conta o fato da linha 2 apenas trabalhar durante 20% desse turno. Assim, por exemplo no caso da linha de montagem final, estão alocados 6 operários, durante 20% do turno (sendo encaminhados a outras secções, durante o restante tempo do turno), logo a contabilização do número de funcionários, neste caso, é  $(6 \times 0,2) = 1,2$  pessoas. Deste modo, para se compreender melhor a Tabela 33, é necessário recorrer à explicação apresentada no Anexo XV – Ajuste de Capacidade.

Tabela 33 - Alocação da mão de obra no total de um dia de trabalho, antes e depois, do ajuste de capacidade

	TOTAL (1ºturno)	TOTAL (2ºturno)	SOMA DOS 2 TURNOS
Antes (nº de pessoas)	69	54,6	123,6
Depois (nº de pessoas)	49	49	98
Diferença (nº de pessoas)	20	5,6	25,6

Analisando a tabela apresentada anteriormente, verifica-se que, com o ajuste de capacidade, há uma redução de 25,6 pessoas, na força laboral da Secção de Montagem Final de Auto-rádios.



## 6. AVALIAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No capítulo anterior, conforme se enunciaram as melhorias, apresentaram-se, também, os resultados obtidos com as mesmas. No entanto, neste capítulo, verifica-se a relação entre as ações de melhoria efetuadas e avalia-se o impacto que estas tiveram na empresa.

As ações de melhoria, enunciadas no capítulo anterior, compreendem o mesmo objetivo. Este é responder à redução do volume de vendas, através da redução dos custos de produção. Desta forma, cada uma das melhorias implementadas teve um papel fundamental, no cumprimento deste objetivo. Na Figura 87, presente Anexo XVI - Resultados Obtidos, é perceptível a relação entre as melhorias.

A eliminação do *bottleneck* na célula de *trimplates* 2 (secção 5.1.1), permitiu garantir que a cadência de produção fosse ditada pela montagem final, e ainda, que houvesse capacidade suficiente, nessa célula, para incorporar a montagem dos *trimplates* da marca D. Isto possibilitou o desmantelamento do posto individual, onde inicialmente se montavam esses artigos. Da mesma forma, a eliminação do *bottleneck* no posto AVI (secção 5.1.2), proporcionou que a cadência produtiva fosse gerida pelas linhas de montagem final, permitindo que qualquer melhoria, no TC da linha de montagem final, afete todo o sistema.

O rebalanceamento dos tempos associados à montagem final do produto da marca E, na linha de montagem 3 (secção 5.1.3), e a melhoria do dispositivo do posto 4 da linha de montagem 2, para os produtos da marca A (secção 5.1.4), resultaram na redução do TC e da Capacidade Necessária. No caso do produto da marca E, isto permitiu que a linha 3 tivesse Capacidade Realizada suficiente para produzir o volume desejado no ano 2015. Quanto ao produto da marca A, a redução do TC, aliada à preparação da linha 2 para a produção do mesmo (secção 5.2), tornou possível agregar os produtos da marca A nessa linha. Isto permitiu o desmantelamento da linha 1, garantindo a Capacidade Necessária para produção dos volumes associados as linhas 1 e 2, para 2015.

O ajuste de capacidade (secção 5.3), caracterizado pelo desmantelamento da linha 1, da célula 1 e do posto individual de montagem de *trimplates* da marca D, resultou na redução de custos associados à produção, nomeadamente, custos relacionados com a mão de obra, com o espaço ocupado e com a energia elétrica. Esses ganhos são apresentados na Tabela 34, no entanto, no Anexo XVI - Resultados Obtidos, estão presentes os cálculos realizados, de modo, a compreender como se obtiveram estes resultados. No mesmo anexo, é possível verificar a percentagem de poupança associada a cada custo.

Tabela 34 -Ganhos resultantes do ajuste de capacidade

	3 Linhas	2 Linhas	Ganhos (€/ano)
Volumes (dia)	5470	4676	-
Pessoas	123,6	98	130 413 €
Produtividade (Unidades/Pessoa*dia)	44,3	47,7	
Espaço (m <sup>2</sup> )	602	401	11 379 €
Produtividade (Unidades/m <sup>2</sup> )	9,1	11,7	
Eletricidade (kWh/dia)	2336	1558	11 855 €
Produtividade (Unidades/kWh*dia)	2,3	3,0	
			<b>153 647 €</b>

Ao analisar a tabela, é perceptível que, embora se verifique uma redução nos volumes de produção, os níveis de produtividade aumentaram. Desta forma, é possível afirmar que, com o ajuste de capacidade, a utilização dos recursos tornou-se mais eficiente, resultando, assim, numa poupança anual de 153.647€ nos custos de fabrico.

Este ganho representa o impacto monetário, que todas as melhorias realizadas durante o projeto, tiveram na empresa. Uma vez que, todas essas atividades contribuíram para o ajuste de capacidade e, desse ajuste, resultaram os ganhos apresentados na tabela anterior. Assim, os resultados obtidos podem-se considerar satisfatórios, dado que, a poupança verificada resulta da otimização de tempos e processos, sem recorrer a investimentos adicionais.



## 7. CONCLUSÕES

Neste capítulo, apresentam-se reflexões globais acerca do projeto, bem como, propostas de ações a realizar no futuro.

### 7.1 Considerações Finais

A presente dissertação de mestrado teve como base um projeto, realizado na Delphi Automotive Systems - Portugal, S.A., cujo objetivo era a adaptação à diminuição do volume de vendas, através da redução dos custos de produção, na Secção de Montagem Final de Auto-rádios. Nesse sentido, recorrendo a técnicas *Lean* e a análises às restrições do sistema, identificaram-se os pontos críticos, sobre os quais recaíram os esforços, com o propósito de se obter melhorias significativas.

Assim, foram perceptíveis duas áreas de melhoria, essenciais para atingir os objetivos propostos. A primeira, diz respeito ao reequilíbrio dos postos de trabalho, com vista à redução da Capacidade Necessária. Enquanto, a segunda, se caracteriza pelo aumento da flexibilidade dos processos, possibilitando o fabrico de várias marcas de produtos, na mesma linha de montagem final. Apenas com a melhoria nestas duas áreas, seria possível ajustar a capacidade, de modo a garantir uma redução de custos com impactos significativos para a empresa.

Posto isto, formou-se uma equipa *Kaizen*, que, inicialmente, se focou em garantir que, a cadência de produção, fosse ditada pelas linhas de montagem final. Nesse sentido, procedeu-se à identificação e remoção dos *bottlenecks* do sistema, nomeadamente, na célula de *trimplates 2* e no posto AVI da linha de testes 2 e 3.

Em seguida, realizou-se o rebalanceamento da linha de montagem do produto E, bem como, uma melhoria no *Poka-Yoke* existente no posto 4, da linha de montagem da marca A. Deste modo, foi possível reduzir os tempos de ciclo e a Capacidade Necessária, aumentando, no entanto, a Eficiência do Sistema.

Posteriormente, para se aumentar flexibilidade dos processos, preparou-se a linha de montagem 2, para a manufatura de produtos da marca A. No entanto, aproveitou-se a necessidade de reestruturação das rampas de abastecimento, para melhorar algumas deficiências relacionadas com a falta de material e com problemas ergonómicos. Desta forma, após a realização destas atividades, foi possível integrar os produtos da linha 1 na linha 2, aumentar a Eficácia Operacional, eliminando os tempos

improdutivos relacionados com a falta de material e garantir a satisfação dos colaboradores, reduzindo o risco de lesão no abastecimento de material.

Seguidamente, realizou-se um ajuste de capacidade produtiva, que consistiu no desmantelamento da linha de montagem final 1, da célula de *trimplates* 1 e do posto individual de montagem de *trimplates*. Estas atividades, permitiram aumentar a Produtividade e Taxa de Produção das linhas de montagem e obter um ganho nos custos de fabrico. Assim, as melhorias apresentadas nesta dissertação, permitiram, à empresa, reduzir 6,2% em despesas com a mão de obra, 18,9% em de custos relacionados com espaço ocupado e 18,8% em gastos de energia elétrica, garantindo assim, um ganho anual no total de 153.647€.

## 7.2 Trabalho Futuro

Como trabalho futuro, recomendam-se duas atividades. Inicialmente, sugere-se a continuação da otimização dos tempos de produção e, em seguida, aconselha-se a revisão da estrutura das rampas de abastecimento da linha de montagem final 3.

Como foi referido na secção 4.2.3, a empresa pretende que os tempos de ciclo, das células de pré-montagem e das linhas de teste, estejam dois segundos abaixo do tempo de ciclo das linhas de montagem final. No entanto, as melhorias implementadas, aproximaram os tempos de ciclo da montagem final, com os dos processos a montante e a jusante da mesma. Assim, em alguns casos, essa diferença de dois segundos, deixou de se comprovar. Desta forma, seria oportuno averiguar em que postos de trabalho se verifica essa situação, e atuar em conformidade, de modo a garantir um fluxo de produção satisfatório e a prevenir o aumento de esperas ou WIP.

A estrutura das rampas de abastecimento da linha de montagem final 2, teve um *feedback* positivo, por parte dos colaboradores. Assim, para aumentar a satisfação dos operários, bem como, garantir a sua saúde e segurança, seria pertinente reestruturar as rampas de abastecimento da linha montagem final 3, com dimensões semelhantes às aplicadas na linha de montagem final 2.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apreutesei, M., Suci, E., & Arvinte, I. R. (2010). Lean Manufacturing-A Powerfull Tool for Reducing Waste During the Processes. *Analele Universitatii" Eftimie Murgu" Resita Fascicola de Inginerie, 2(XVII), 23-34.*
- Arezes, P. M., Barroso, M. P., Cordeiro, P., & Costa, L. G. (2006). *Estudo Antropométrico da População Portuguesa*. Instituto para a Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho.
- Blackstone, J. H. (2001). Theory of constraints - A status report. *International Journal of Production Research, 39(6), 1053-1080.*
- Blackstone, J. H., & Cox, J. F. (2002). Designing unbalanced lines - understanding protective capacity and protective inventory. *Production Planning & Control, 13(4), 416-423.*
- Carvalho, D. (2000). Just in Time – Sebenta Pedagógica de Gestão Industrial Universidade do Minho.
- Carvalho, D. (2003). Produtividade Portuguesa. Retrieved from Retrieved October 2014, from <http://pessoais.dps.uminho.pt/jdac/apontamentos/Produtividade/produtividade.html>
- Carvalho, D. (2006). Fundamentos da Dinâmica da Produção. Retrieved from Retrieved October 2014, from <http://pessoais.dps.uminho.pt/jdac/apontamentos/DinamicaProducao.pdf>
- Carvalho, D. (2008). Human Limitations on Waste Detection: An Experiment, Waste Detection Approaches. In *First International Conference on Business Sustainability*. Ofir, Portugal
- Carvalho, D. (2010). Cultura “Lean” nas Organizações Portuguesas. Retrieved from Retrieved August 2014, from <http://pessoais.dps.uminho.pt/jdac/outros/Cultura Lean em Portugal.pdf>
- Carvalho, D. (2013). *Waste Identification Diagrams*. Publicação interna do Departamento de Produção e Sistemas, Universidade do Minho.
- Chapman, C. D. (2005). Clean house with lean 5S. *Quality Progress, 38(6), 27-32.*
- Colim, A. P. (2009). *Tarefas de Manipulação Manual de Cargas: Seleccção de Métodos de Avaliação de Risco* (Dissertação de Mestrado em Engenharia Humana), Universidade do Minho.
- Delphi. (2011). *Formação Delphi Production System*. Publicação Interna.
- Dennis, P. (2002). *Lean Production Simplified: A plain language guide to the world's most powerful production system*. (2nd ed.). New York: Productivity Press.
- Driscoll, J., & Thilakawardana, D. (2001). The definition of assembly line balancing difficulty and evaluation of balance solution quality. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 17(1-2), 81-86.*
- ElMaraghy, H. A., & Majety, R. (2008). Integrated supply chain design using multi-criteria optimization. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 37(3-4), 371-399.*
- Emiliani, M. L. (2006). Origins of lean management in America. *Journal of Management History, 12(2), 167-184.*
- Erlandson, R. F., Noblett, M. J., & Phelps, J. A. (1998). Impact of a poka-yoke device on job performance of individuals with cognitive impairments. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering, 6(3), 269-276.*
- Ferrari, E., Pareschi, A., Persona, A., & Regattieri, A. (2002). TPM: Situation and procedure for a soft introduction in Italian factories. *TQM Magazine, 14(6), 350-358.*
- Fredendall, L. D., & Lea, B. R. (1997). Improving the product mix heuristic in the theory of constraints. *International Journal of Production Research, 35(6), 1535-1544.*
- Fujimoto, T. (1999). *The Evolution of a Manufacturing System at Toyota*. New York: Oxford University Press.
- Gilland, W. G. (2002). A simulation study comparing performance of CONWIP and bottleneck-based release rules. *Production Planning & Control, 13(2), 211-219.*
- Goldratt, E. M. (1988). Computerized shop floor scheduling. *International Journal of Production Research, 26(3), 443-455.*
- Goldratt, E. M. (1990). *The Haystack Syndrome: Sifting Information from the Data Ocean*.

- Goldratt, E. M. (1992). *An introduction to theory of constraints: The production approach ; workshop description*: New Haven, CT: Avraham Y. Goldratt Institute.
- Goldratt, E. M. (1994). *It's not luck*. Great Barrington, MA: North River Press.
- Goldratt, E. M., & Cox, J. (1984). *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*. Great Barrington, MA:North River Press.
- Goldratt, E. M., & Fox, J. (1986). *The Race*. Crotonon-Hudson, NY: North River Press
- Gong, Q., Wang, S., & Lai, K. K. (2008). Stochastic analysis of TPS: expose and eliminate variability by highly specifying WCP. *International Journal of Production Research*, 47(3), 751-775.
- Hall, R. W. (1987). *Attaining Manufacturing Excellence: Just-in-Time, Total Quality, Total People Involvement*. Homewood, Ill: Dow Jones-Irwin.
- Haque, B., & James-Moore, M. (2004). Applying Lean Thinking to new product introduction. *Journal of Engineering Design*, 15(1), 1-31.
- Health, N. I. f. O. S. a. (1981). *Work practices guide for manual lifting*. Cincinnati, Ohio: U.S. Dept. of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Biomedical and Behavioral Science.
- Hollnagel, E. (2004). *Barriers and Accident Prevention*. Aldershot, Hampshire, UK: Ashgate Publishing.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420-437.
- Hronec, S. M. (1994). *Sinais Vitais*. São Paulo, Brasil: Makron Books.
- Hu, S. J. (2013). Evolving Paradigms of Manufacturing: From Mass Production to Mass Customization and Personalization. *Procedia CIRP*, 7(0), 3-8.
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key To Japan's Competitive Success*. New York: McGraw-Hill Education.
- Imai, M. (1997). *Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-Cost Approach to Managemen*. New York: McGraw-Hill Education.
- Juran, J. M., & Gryna, F. M. (1988). *Juran's Quality Control Handbook*. (4th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York: McGraw-Hill Professional.
- Liker, J. K., & Lamb, T. (2000). *Lean Manufacturing Principles Guid*. Ann Arbor, Michigan. National Steel & Shipbuilding Co., versão 0.5.
- Liker, J. K., & Morgan, J. (2006). *The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development: The Academy of Management Perspectives*, Vol 20(2), 5-20.
- Marris, P. (2013). The Theory Of Constraints: To accelerate your Lean program and generate growth. Retrieved from Retrieved October 2014, from [http://www.marris-consulting.com/medias/fichiers/pov\\_toc\\_to\\_boost\\_lean\\_and\\_growth\\_v3\\_6\\_uk\\_20130820.pdf](http://www.marris-consulting.com/medias/fichiers/pov_toc_to_boost_lean_and_growth_v3_6_uk_20130820.pdf)
- McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2000). A critical evaluation of Shingo's 'SMED' (Single Minute Exchange of Die) methodology. *International Journal of Production Research*, 38(11), 2377-2395.
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662-673.
- Mi Dahlgaard-Park, S., & Dahlgaard, J. J. (2006). Lean production, six sigma quality, TQM and company culture. *The TQM Magazine*, 18(3), 263-281.
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Tim*. (3rd ed.). Norcross, GA: Industrial Engineering and Management Press.
- Morgan, J., & Liker, J. K. (2006). *The Toyota Product Development System: Integrating People, Process, and Technology*. New York: Productivity Press.
- New, S. J. (2007). Celebrating the enigma: the continuing puzzle of the Toyota Production System. *International Journal of Production Research*, 45(16), 3545-3554.
- Obara, S., & Wilburn, D. (2012). *Toyota by Toyota: Reflections from the Inside Leaders on the Techniques That Revolutionized the Industry*. Boca Raton, Fl: CRC Press.

- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Portland: Productivity Press.
- Ortiz, C. A. (2006). *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- O'Brien, R. (1998). *An Overview of the Methodological Approach of Action Research*. Faculty of Information Studies, University of Toronto.
- Pattanaik, L. N., & Sharma, B. P. (2009). Implementing lean manufacturing with cellular layout: A case study. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 42(7-8), 772-779.
- Paul, D. E., Nathan, J. S., & Rajan, S. (2007). Manufacturing Critical-path Time (MCT): The QRM Metric for Lead Time Center for Quick Response Manufacturing, University of Wisconsin-Madison.
- Pegels, C. C., & Watrous, C. (2005). Application of the theory of constraints to a bottleneck operation in a manufacturing plant. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 16(3), 302-311.
- Peinado, J., & Graeml, A. R. (2007). *Administração da Produção: operações industriais e de serviços*. Curitiba, Brasil: UnicenP.
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras*. Lisboa: Lidel - Edições Técnicas, Lda.
- Ponnambalam, S. G., Aravindan, P., & Naidu, G. M. (1999). A comparative evaluation of assembly line balancing Heuristics. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 15(8), 577-586.
- Ponnambalam, S. G., Aravindan, P., & Naidu, G. M. (2000). A Multi-Objective Genetic Algorithm for Solving Assembly Line Balancing Problem. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 16(5), 341-352.
- Radnor, Z. J., Holweg, M., & Waring, J. (2012). Lean in healthcare: The unfilled promise? *Social Science & Medicine*, 74(3), 364-371.
- Rahman, S. u. (1998). Theory of constraints. *International Journal of Operations & Production Management*, 18(4), 336-355.
- Rattner, S. (2006). What is the Theory of Constraints and how does it compare to Lean Thinking. Retrieved October 2014, from <http://www.lean.org/common/display/?o=223>
- Rodriguez, R. R., Saiz, J. J. A., & Bas, A. O. (2009). Quantitative relationships between key performance indicators for supporting decision-making processes. *Computers in Industry*, 60(2), 104-113.
- Ronen, B., & Starr, M. K. (1990). Synchronized manufacturing as in OPT: from practice to theory. *Computers & Industrial Engineering*, 18(4), 585-600.
- Rother, M. (2009). *Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results*. New York: McGraw Hill Professional.
- Rother, M., & Harris, R. (2003). *Creating Continuous Flow: An action guide for managers*. Cambridge, MA: Lean Enterprise Institute Inc.
- Russel, R. S., & Taylor III, B. W. (2003). *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain*. (7th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Saurin, T. A., Ribeiro, J. L. D., & Vidor, G. (2012). A framework for assessing poka-yoke devices. *Journal of Manufacturing Systems*, 31(3), 358-366.
- Schrageheim, E., & Ronen, B. (1990). Drum-buffer-rope shop floor control. *Production and inventory management Washington, D.C.*, 31(3), 18-22.
- Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 21(2), 129-149.
- Shingo, S. (1986). *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System*. Stamford, CT: Productivity Press.
- Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. Portland. Productivity Press.
- Sink, D. S., & Smith, G. L. (1994). The influence of organizational linkages and measurement practices on productivity and management. In D. H. Harris, P. S. Goodman, & D. S. Sink (Eds.),

- Organizational linkages: Understanding the productivity paradox*. Washington, DC: National Academy Press.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2002). *Administração da produção*. (2nd ed.). São Paulo: Atlas.
- Spear, S., & Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review*, 77(5), 95-106.
- Spearman, M. L., Woodruff, D. L., & Hopp, W. J. (1990). CONWIP. A pull alternative to kanban. *International Journal of Production Research*, 28(5), 879-894.
- Spearman, M. L., & Zazanis, M. A. (1992). Push and pull production systems. Issues and comparisons. *Operations Research*, 40(3), 521-532.
- Srinivasan, M. (2012). *Building Lean Supply Chains with the Theory of Constraints*. New York: McGraw-Hill.
- Stewart, D. M., & Grout, J. R. (2001). The human side of mistake-proofing. *Production and Operations Management*, 10(4), 440-459.
- Susman, G. I. (1983). *Action Research: A Sociotechnical Systems Perspective*: in *Beyond Method: Strategies for Social Science Research*, G. Morgan (ed.). London: Sage Publications.
- Team, P. P. D. (1998). *Just-in-Time for Operator*. Cambridge, MA: Productivity Press.
- Team, P. P. D. (2002). *Standard Work for the Shopfloor*. New York: Productivity Press.
- Van Scyoc, K. (2008). Process safety improvement—Quality and target zero. *Journal of Hazardous Materials*, 159(1), 42-48.
- Waters, T. R., Putz-Anderson, V., & Garg, A. (1994). *Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation*. US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Biomedical and Behavioral Science.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation* (2nd ed.). New York: Free Press.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed The World: The Story of Lean Production*. New York: Rawson Associates.
- Wu, H. H., & Yeh, M. L. (2006). A DBR scheduling method for manufacturing environments with bottleneck re-entrant flows. *International Journal of Production Research*, 44(5), 883-902.
- Yoshioka, T., Herman, G., Yates, J., & Orlikowski, W. (2001). Genre taxonomy: A knowledge repository of communicative actions. *ACM Trans. Inf. Syst.*, 19(4), 431-456.

# Anexos

ANEXO I – CONNECTIVITY MAP

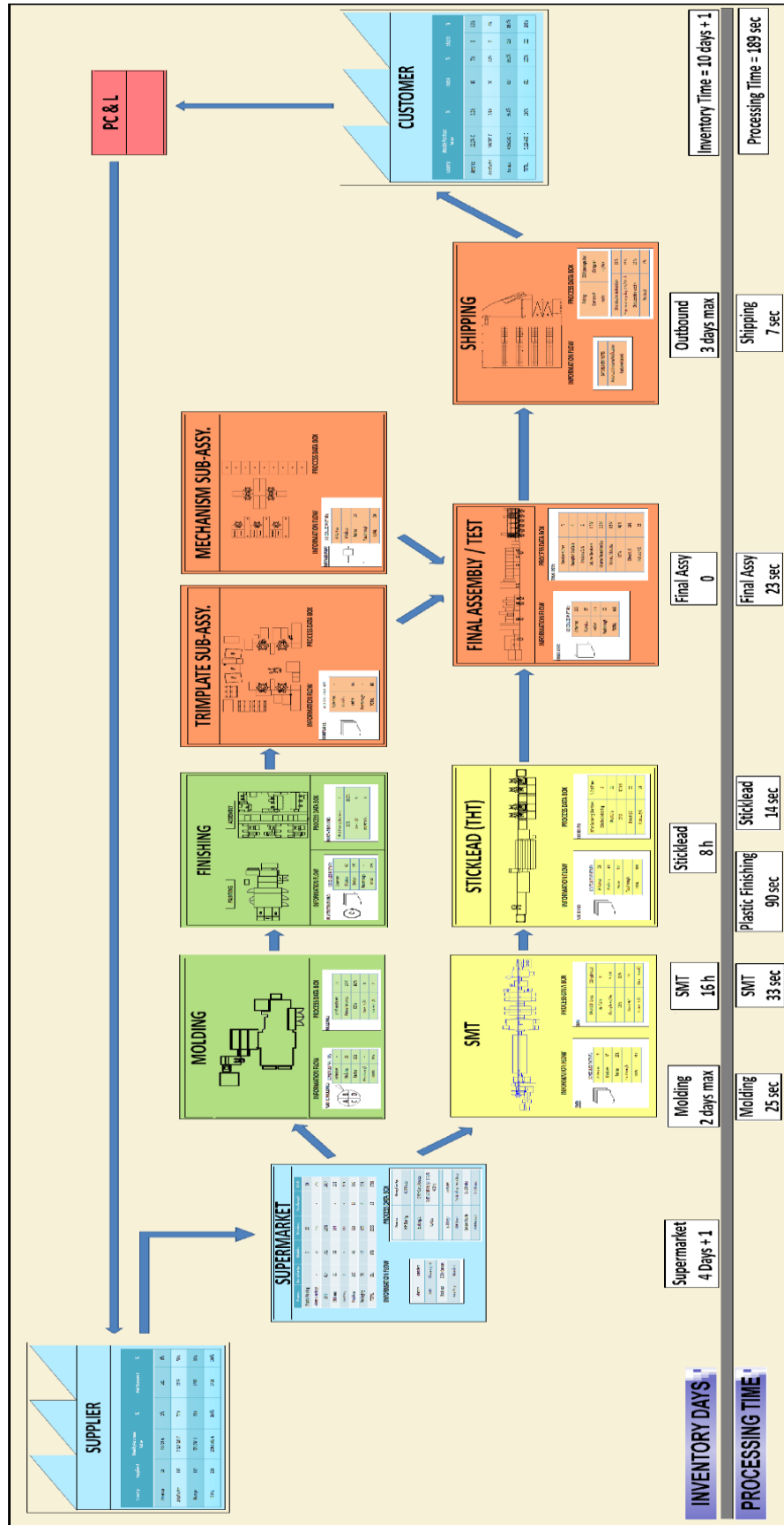


Figura 62 - Connectivity Map Delphi



<b>SUPPLIER</b>					
Country	Supplier #	Weekly Purchase Value	%	Part Number #	%
America	18	49.724 €	2%	281	8%
Asia Pacific	108	2.242.646 €	76%	2219	59%
Europe	102	671.290 €	23%	1238	33%
TOTAL	228	2.963.661 €	100%	3738	100%

Figura 63 - Connectivity Map - Fornecedor

<b>SUPERMARKET</b>					
Process	Reception Sys	Modules	Receivers	Passthrough	TOTAL
Plastic Molding	-	9	25	-	34
Plastic Finishing	-	30	216	-	246
SMT	417	782	1298	-	2497
Sticklead	21	68	144	-	233
Sub-Assy	2	-	147	-	149
Final Assy	162	48	125	19	350
Packaging	79	42	100	4	229
TOTAL	681	979	2055	23	3738

<b>INFORMATION FLOW</b>		<b>PROCESS DATA BOX</b>	
Plastics	Manifest	Process	Reception Sys
SMT	Shopping List	WH Storing	4 / Minute
Sticklead	2 Bin Kanban	Building 1:	3 WH Store Routes
Final Assy	Manifest	Routes	SMT, KANBAN, S/L & SUB ASSY's
		Building 2	3 Routes
		WH Store	1x Molding + Final Assy
		Kanban Route	1 x 20mins
		FG + Packout	1 x 20mins

Figura 64 - Connectivity Map - Armazém

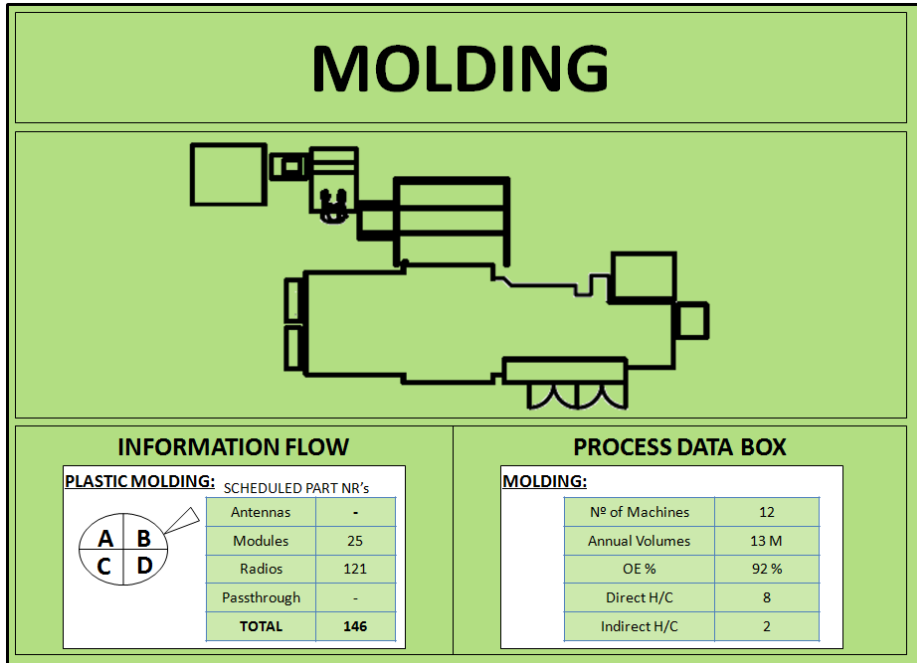


Figura 65 - Connectivity Map - Secção de Injeção

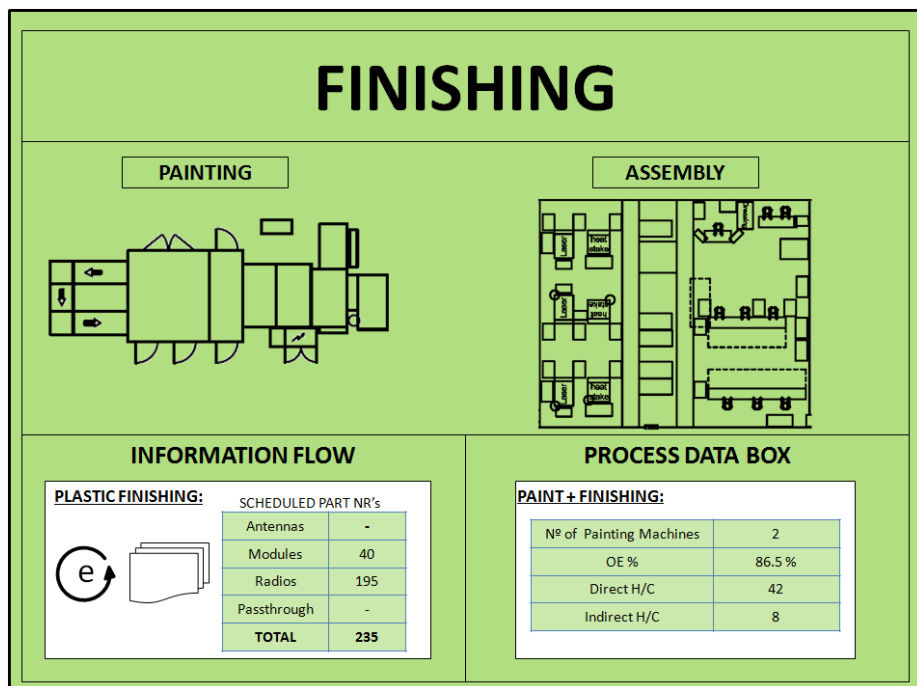


Figura 66 - Connectivity Map - Secção de Pintura e Montagem

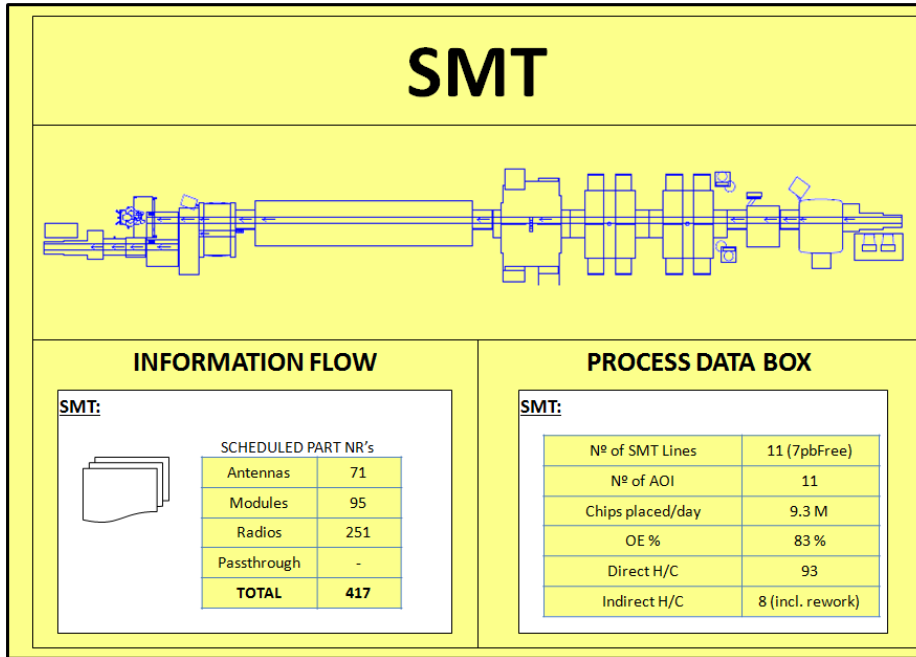


Figura 67 - Connectivity Map - Secção de Montagem Automática

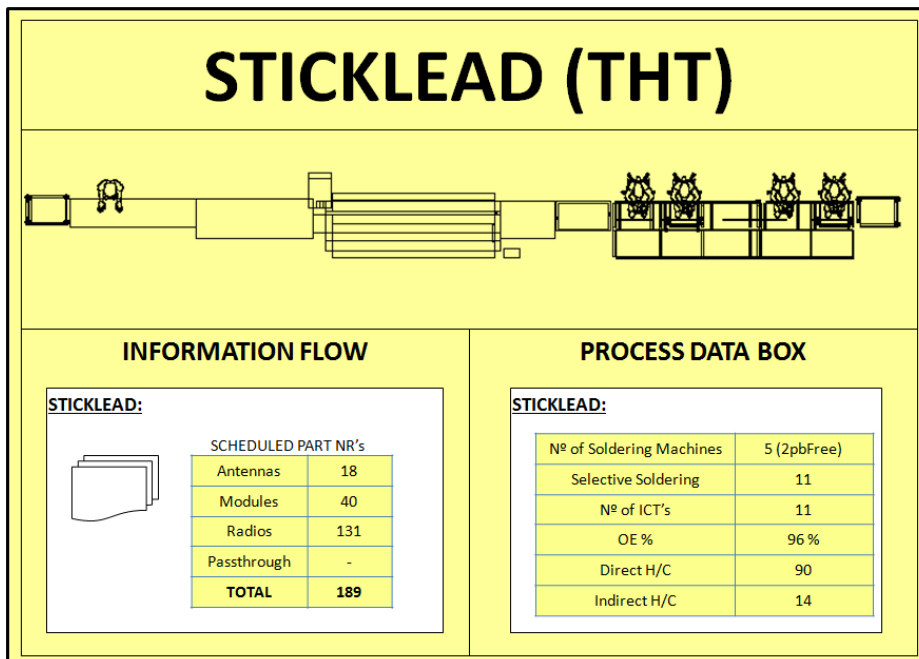


Figura 68 - Connectivity Map - Secção de Sticklead

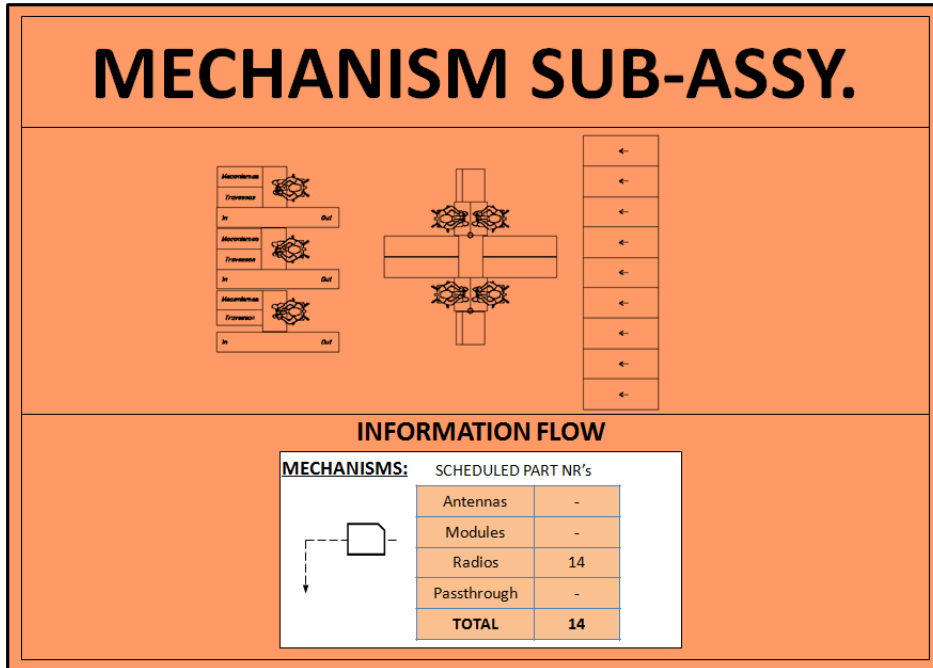


Figura 69 - *Connectivity Map* - Secção de Montagem Final - Célula de Mecanismos

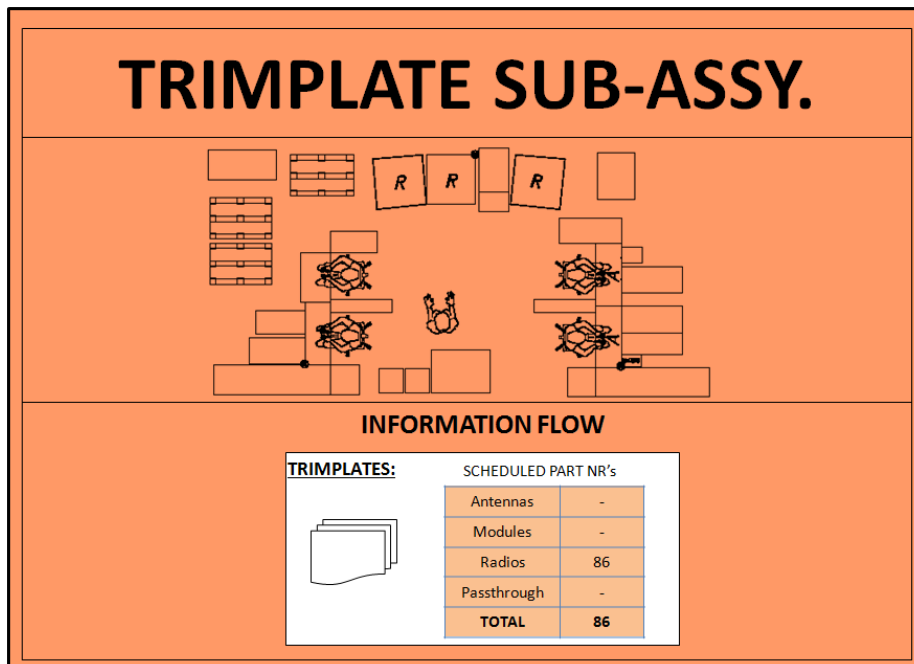


Figura 70 - *Connectivity Map* - Secção de Montagem Final - Células de *Trimplates*

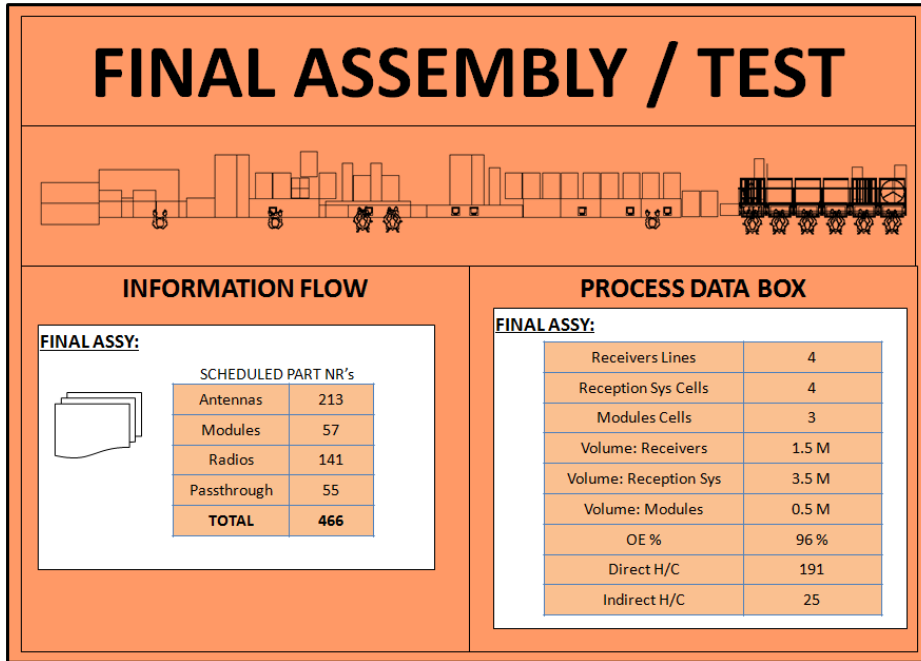


Figura 71 - *Connectivity Map* - Secção de Montagem Final - Linhas de Montagem e Linhas de Teste

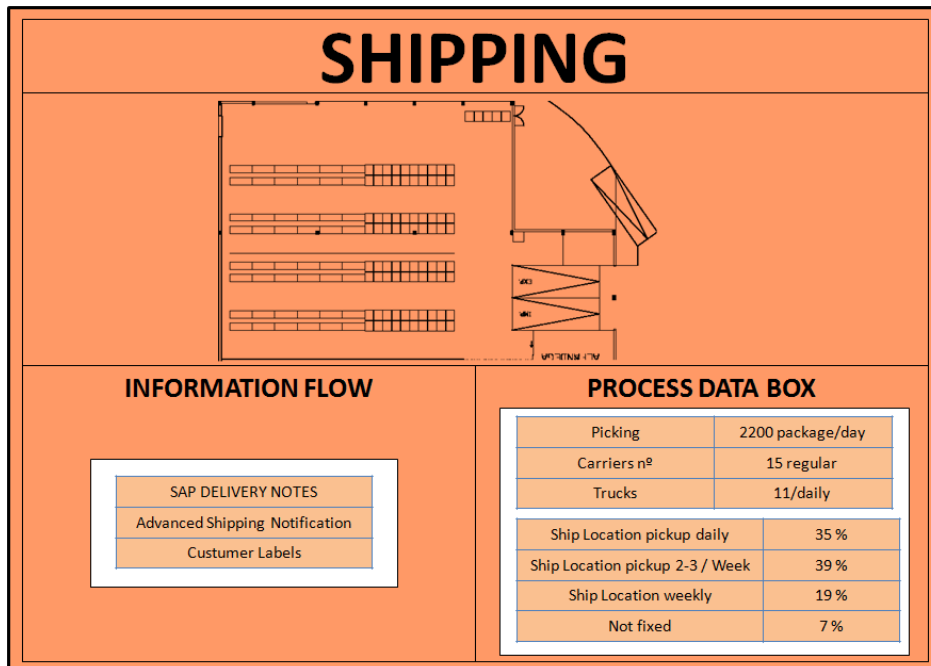
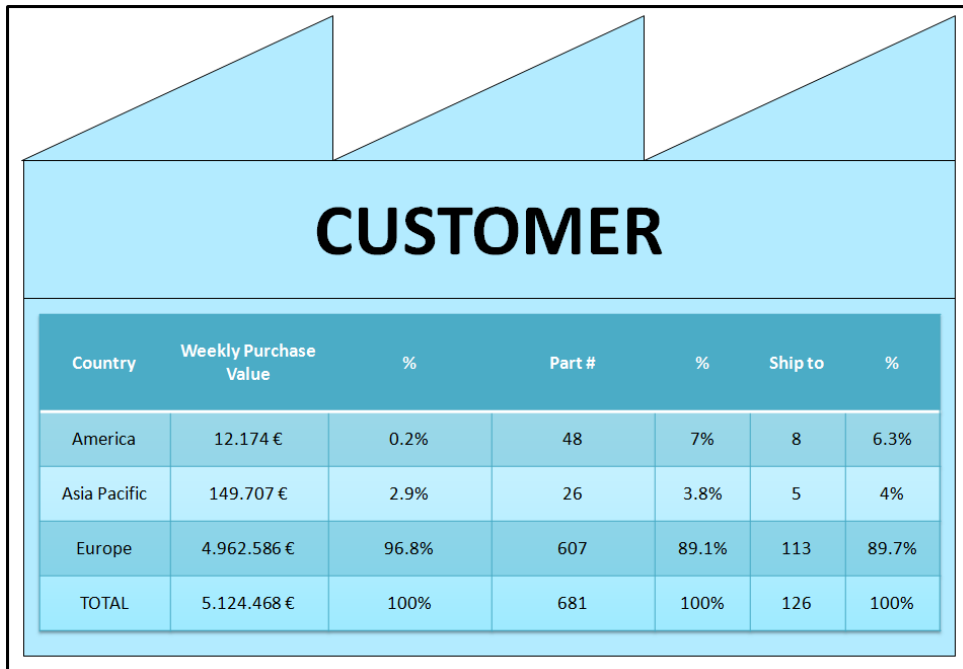


Figura 72 - *Connectivity Map* - Secção de Paletização

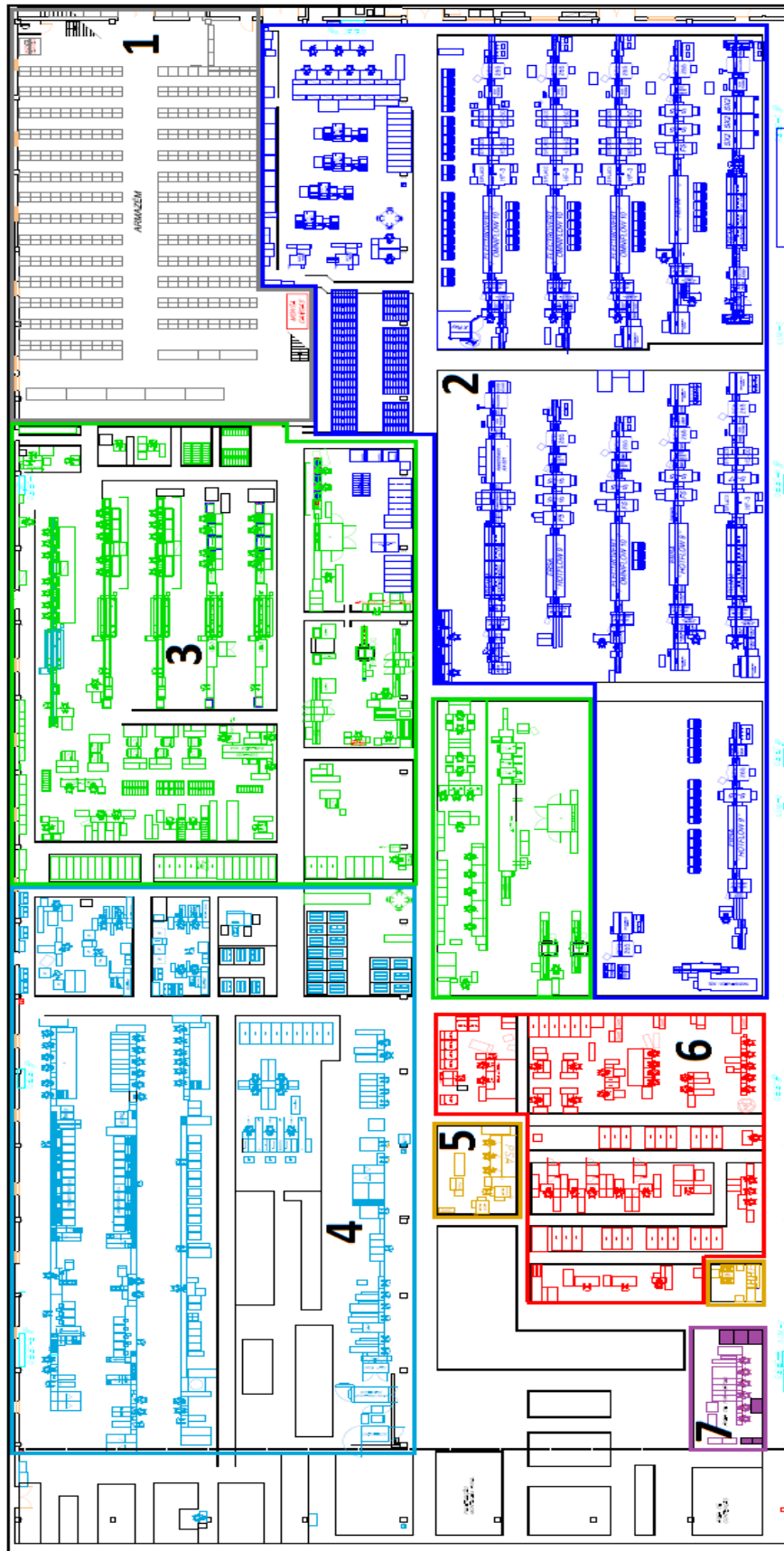


The figure is a connectivity map for a client, titled "CUSTOMER". It features a light blue header with the word "CUSTOMER" in bold black text. Below the header is a table with seven columns: Country, Weekly Purchase Value, %, Part #, %, Ship to, and %. The table contains four rows of data: America, Asia Pacific, Europe, and a TOTAL row. The data shows that Europe is the dominant region, accounting for 96.8% of the weekly purchase value and 89.7% of the parts shipped. The total weekly purchase value is 5,124,468 €, and the total number of parts shipped is 126.

Country	Weekly Purchase Value	%	Part #	%	Ship to	%
America	12.174 €	0.2%	48	7%	8	6.3%
Asia Pacific	149.707 €	2.9%	26	3.8%	5	4%
Europe	4.962.586 €	96.8%	607	89.1%	113	89.7%
TOTAL	5.124.468 €	100%	681	100%	126	100%

Figura 73 - *Connectivity Map - Cliente*

## ANEXO II – LAYOUT DO SISTEMA PRODUTIVO



- 1 - Armazém**
- 2 - SMT**
- 3 - THT**
- 4 - Montagem Final Auto-rádios**
- 5 - Montagem Final Módulos**
- 6 - Montagem Final Antenas**
- 7 - Área de Pré-séries**

Figura 74 - Layout do Sistema Produtivo do Edifício 1

## ANEXO III – INDICADORES DE DESEMPENHO

Tabela 35 - Indicadores de Desempenho, mensais, da Linha 1

Linha 1										
	Dias Uteis	Produção (uni/mês)	OE%	Taxa de Produção (uni/h)	Produtividade (uni/h.h)	FTQ	Scrap	Produção Conforme (uni/mês)	Horas de Trabalho/Dia	NºOperadores /Dia
Janeiro	22	54 763	98,7%	161,6	13,5	1,612%	0,045%	53 880	15,4	12
Fevereiro	20	49 875	98,4%	161,9	13,5	1,723%	0,044%	49 016		
Março	21	51 857	97,7%	160,4	13,4	1,693%	0,044%	50 979		
Abril	20	49 770	97,9%	161,6	13,5	1,596%	0,045%	48 976		
Maio	21	52 354	97,7%	161,9	13,5	1,729%	0,045%	51 448		
Junho	19	46 463	96,8%	158,8	13,2	1,620%	0,044%	45 710		
<b>Média</b>		<b>50 847</b>	<b>97,9%</b>	<b>161,0</b>	<b>13,4</b>	<b>1,66%</b>	<b>0,045%</b>	<b>50 002</b>		

Tabela 36 - Indicadores de Desempenho, mensais, da Linha 2

Linha 2										
	Dias Uteis	Produção (uni/mês)	OE%	Taxa de Produção (uni/h)	Produtividade (uni/h.h)	FTQ	Scrap	Produção Conforme (uni/mês)	Horas de Trabalho/Dia	NºOperadores /Dia
Janeiro	22	32 267	96,9%	158,7	13,2	1,457%	0,043%	31 797	9,24	12
Fevereiro	20	29 425	96,5%	159,2	13,3	1,465%	0,043%	28 994		
Março	21	30 384	95,9%	156,6	13,0	1,422%	0,043%	29 952		
Abril	20	29 320	97,6%	158,7	13,2	1,446%	0,042%	28 896		
Maio	21	30 881	96,2%	159,1	13,3	1,509%	0,041%	30 415		
Junho	19	27 034	94,1%	154,0	12,8	1,503%	0,044%	26 628		
<b>Média</b>		<b>29 885</b>	<b>96,2%</b>	<b>157,7</b>	<b>13,1</b>	<b>1,47%</b>	<b>0,043%</b>	<b>29 447</b>		

Tabela 37 - Indicadores de Desempenho, mensais, da Linha 3

Linha 3										
	Dias Uteis	Produção (uni/mês)	OE%	Taxa de Produção (uni/h)	Produtividade (uni/h.h)	FTQ	Scrap	Produção Conforme (uni/mês)	Horas de Trabalho/Dia	NºOperadores /Dia
Janeiro	22	44 033	98,4%	130,0	10,8	1,609%	0,045%	43 325	15,4	12
Fevereiro	20	40 102	98,7%	130,2	10,9	1,623%	0,043%	39 451		
Março	21	41 676	97,7%	128,9	10,7	1,554%	0,045%	41 028		
Abril	20	39 833	98,0%	129,3	10,8	1,594%	0,044%	39 198		
Maio	21	41 460	97,4%	128,2	10,7	1,522%	0,043%	40 829		
Junho	19	37 456	97,2%	128,0	10,7	1,505%	0,045%	36 892		
<b>Média</b>		<b>40 760</b>	<b>97,9%</b>	<b>129,1</b>	<b>10,8</b>	<b>1,57%</b>	<b>0,044%</b>	<b>40 121</b>		

Tabela 38 - Indicadores de Desempenho, mensais, da Linha 3, tendo em conta o Fator de Equivalência

Linha 3										
	Dias Uteis	Produção (uni/mês)	OE%	Taxa de Produção (uni/h)	Produtividade (uni/h.h)	FTQ	Scrap	Produção Conforme (uni/mês)	Horas de Trabalho/Dia	NºOperadores /Dia
Janeiro	22	44 033	98,4%	165,1	13,8	1,609%	0,045%	43 325	15,4	12
Fevereiro	20	40 102	98,7%	165,4	13,8	1,623%	0,043%	39 451		
Março	21	41 676	97,7%	163,7	13,7	1,554%	0,045%	41 028		
Abril	20	39 833	98,0%	164,3	13,7	1,594%	0,044%	39 198		
Maio	21	41 460	97,4%	162,9	13,6	1,522%	0,043%	40 829		
Junho	19	37 456	97,2%	162,6	13,6	1,505%	0,045%	36 892		
<b>Média</b>		<b>40 760</b>	<b>97,9%</b>	<b>164,0</b>	<b>13,7</b>	<b>1,57%</b>	<b>0,044%</b>	<b>40 121</b>		



## ANEXO IV- CAUSA DAS PARAGENS

Tabela 39 - Causa das Paragens da Linha 1 e tempos associados, em minutos por mês

JANEIRO		FEVEREIRO		MARÇO	
Motivo	Minutos	Motivo	Minutos	Motivo	Minutos
Ginastica Laboral	132	<i>Changeover</i>	123	Ginastica Laboral	126
<i>Changeover</i>	129	Ginastica Laboral	120	<i>Changeover</i>	122
Limpeza P1	88	Falta de materiais	83	Falta de materiais	91
Avar. Equipamentos	50	Limpeza P1	80	Reunião Gerência	90
Mud. Rolo Imp.	29	Avar. Equipamentos	33	Limpeza P1	84
Reunião Secção	27	Reunião Secção	28	Avar. Equipamentos	60
Qual. Fornecedor	18	Mud. Rolo Imp.	20	Reunião Secção	30
Falta de materiais	12	Qual. Fornecedor	8	Aprendizagem	22
	<b>485</b>		<b>495</b>	Mud. Rolo Imp.	20
				Qual. Fornecedor	4
				<i>Pré-séries</i>	3
				Experiências	2
					<b>654</b>

ABRIL		MAIO		JUNHO	
Motivo	Minutos	Motivo	Minutos	Motivo	Minutos
<i>Changeover</i>	120	<i>Changeover</i>	126	Aprendizagem	222
Ginastica Laboral	120	Ginastica Laboral	126	<i>Changeover</i>	128
Avar. Equipamentos	101	Falta de materiais	106	Ginastica Laboral	114
Limpeza P1	80	Avar. Equipamentos	102	Reunião Gerência	90
Qual. Fornecedor	67	Limpeza P1	84	Limpeza P1	76
Falta de materiais	32	Qual. Fornecedor	53	Avar. Equipamentos	51
Reunião Secção	28	Reunião Secção	30	Reunião Secção	29
Mud. Rolo Imp.	24	Mud. Rolo Imp.	24	Falta de materiais	19
Experiências	17	Experiências	3	Mud. Rolo Imp.	17
	<b>589</b>	Falta de Operadores	2	Experiências	11
			<b>656</b>	Qual. Fornecedor	3
					<b>760</b>

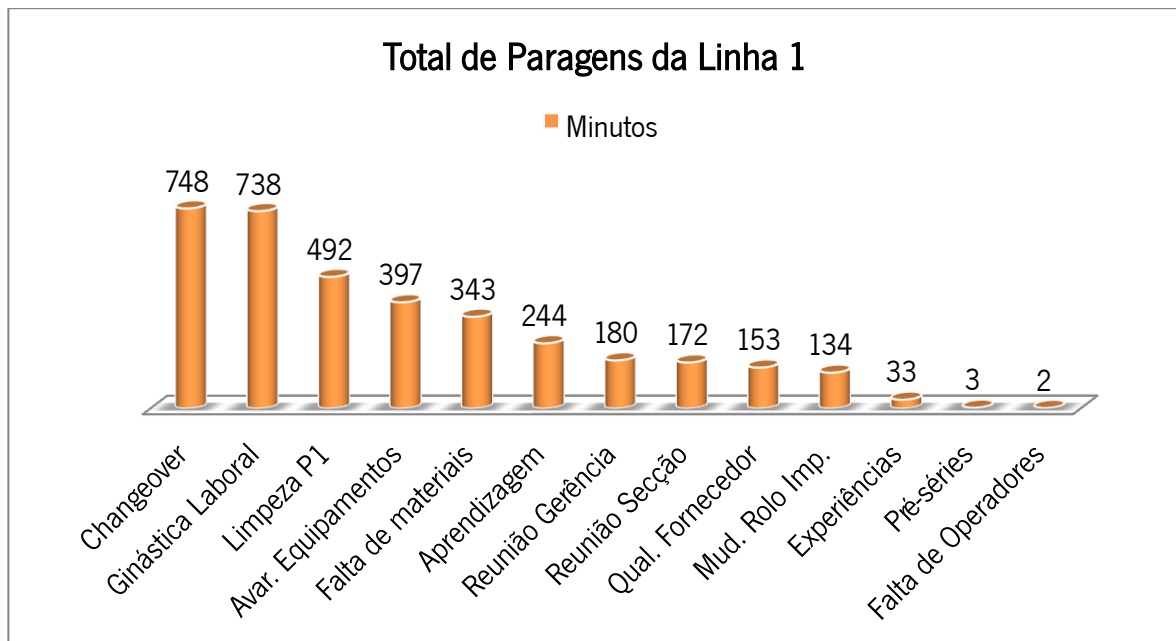


Figura 75 - Total de paragens da linha 1 (Janeiro - Junho)

Tabela 40 - Causa das Paragens da Linha 2 e tempos associados, em minutos por mês

JANEIRO		FEVEREIRO		MARÇO	
Motivo	Minutos	Motivo	Minutos	Motivo	Minutos
Changeover	170	Falta de materiais	130	Falta de materiais	139
Falta de materiais	110	Changeover	123	Changeover	135
Ginastica Laboral	90	Pré-séries	112	Pré-séries	121
Limpeza P1	60	Ginastica Laboral	90	Ginastica Laboral	93
Aprendizagem	36	Limpeza P1	60	Reunião Gerência	90
Avar. Equipamentos	14	Reunião Secção	24	Limpeza P1	62
Reunião Secção	14	Avar. Equipamentos	13	Reunião Secção	28
Falta de energia	12	Qual. Fornecedor	11	Avar. Equipamentos	16
Mud. Rolo Imp.	5		<b>433</b>	Qual. Fornecedor	12
Falta de Operadores	2			Mud. Rolo Imp.	11
	<b>343</b>				<b>568</b>

ABRIL		MAIO		JUNHO	
Motivo	Minutos	Motivo	Minutos	Motivo	Minutos
Falta de materiais	110	Falta de materiais	121	Falta de materiais	139
Changeover	106	Pré-séries	119	Changeover	105
Ginastica Laboral	72	Ginastica Laboral	81	Reunião Gerência	90
Limpeza P1	48	Changeover	68	Pré-séries	86
Reunião Secção	13	Limpeza P1	54	Aprendizagem	77
Avar. Equipamentos	10	Avar. Equipamentos	30	Ginastica Laboral	75
Mud. Rolo Imp.	2	Reunião Secção	28	Experiências	64
	<b>381</b>	Mud. Rolo Imp.	6	Avar. Equipamentos	64
			<b>386</b>	Limpeza P1	50
				Reunião Secção	27
				Mud. Rolo Imp.	10
				Qual. Fornecedor	7
				Falta de Operadores	4
					<b>659</b>

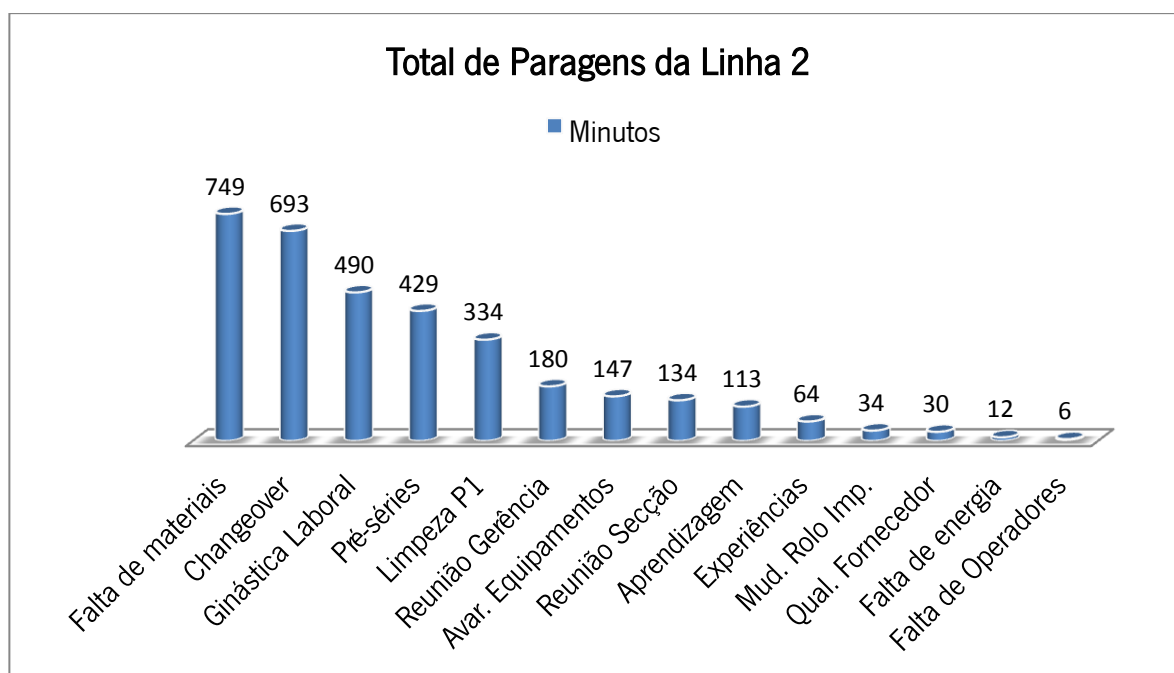


Figura 76 - Total de paragens da linha 2 (Janeiro - Junho)

Tabela 41 - Causa das Paragens da Linha 3 e tempos associados, em minutos por mês

JANEIRO		FEVEIREIRO		MARÇO	
Motivo	Minutos	Motivo	Minutos	Motivo	Minutos
Ginastica Laboral	132	Ginastica Laboral	120	<i>Changeover</i>	132
<i>Changeover</i>	123	<i>Changeover</i>	107	Ginastica Laboral	126
Limpeza P1	88	Limpeza P1	80	Reunião Gerência	90
Aprendizagem	70	<i>Pré-séries</i>	42	Limpeza P1	84
Falta de materiais	55	Falta de materiais	34	Avar. Equipamentos	56
Reunião Secção	26	Reunião Secção	24	Aprendizagem	53
Avar. Equipamentos	23	Avar. Equipamentos	16	<i>Pré-séries</i>	34
Mud. Rolo Imp.	23	Mud. Rolo Imp.	11	Falta de materiais	33
	<b>540</b>	Qual. Fornecedor	8	Reunião Secção	30
			<b>442</b>	Mud. Rolo Imp.	17
				Qual. Fornecedor	4
					<b>659</b>

ABRIL		MAIO		JUNHO	
Motivo	Minutos	Motivo	Minutos	Motivo	Minutos
Ginastica Laboral	120	Ginastica Laboral	126	<i>Pré-séries</i>	118
<i>Changeover</i>	103	<i>Pré-séries</i>	112	Aprendizagem	115
Experiências	89	<i>Changeover</i>	106	Ginastica Laboral	114
Limpeza P1	80	Reunião Gerência	90	<i>Changeover</i>	102
Avar. Equipamentos	54	Limpeza P1	84	Limpeza P1	76
Falta de materiais	44	Qual. Fornecedor	56	Avar. Equipamentos	45
<i>Pré-séries</i>	34	Falta de materiais	33	Qual. Fornecedor	34
Reunião Secção	32	Avar. Equipamentos	32	Reunião Secção	32
Mud. Rolo Imp.	12	Reunião Secção	31	Experiências	24
	<b>568</b>	Mud. Rolo Imp.	15	Mud. Rolo Imp.	14
		Experiências	12	Falta de materiais	12
		Aprendizagem	10		<b>686</b>
			<b>707</b>		

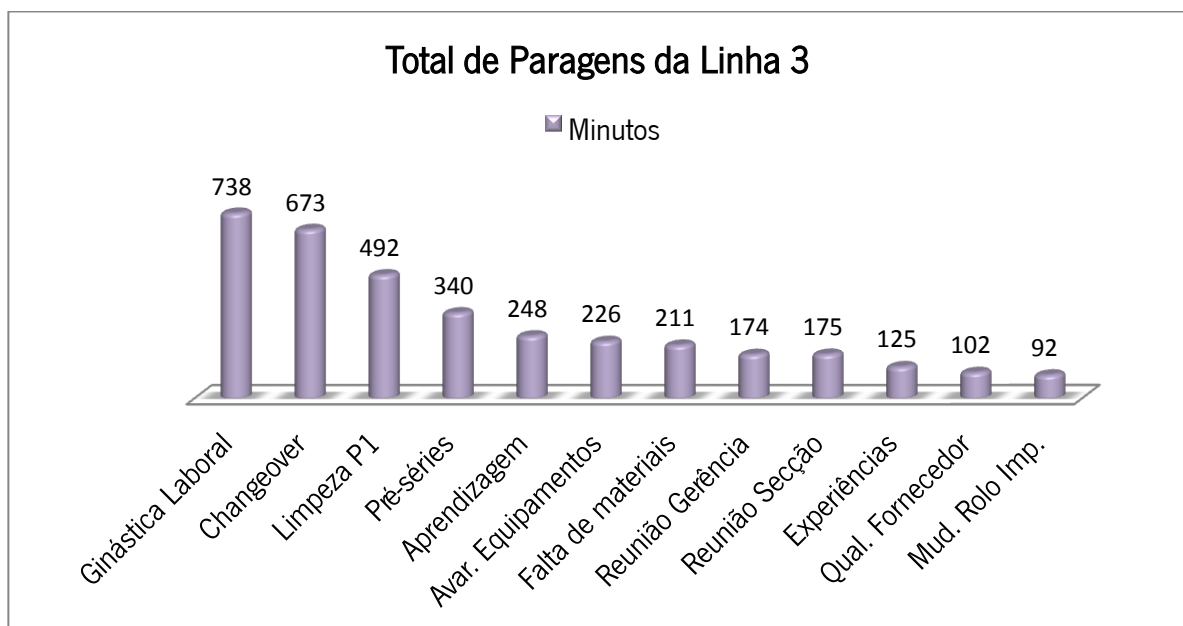


Figura 77 - Total de paragens da linha 3 (Janeiro - Junho)

## ANEXO V – ESTUDO DOS TEMPOS

Tabela 42 - TC, em segundos, das células de pré-montagem, para o produto A

		Células de Pré-Montagem	
		Mecanismos	Trimplates
Marca	A	18,06	19,08
		17,38	18,72
		19,17	18,42
		18,64	17,96
		18,68	18,60
		18,34	19,42
		17,96	19,16
		17,93	18,23
		18,52	17,90
		19,07	18,23
		18,45	18,54
		18,50	18,11
		19,10	18,48
		17,32	18,38
		17,91	18,22
		18,76	18,52
		18,01	18,50
		17,90	18,70
		18,36	18,18
		18,03	18,75
MED		18,30	18,50

Tabela 43 - TC, em segundos, do posto dos robots, na célula de trimplates, para o produto A

A		
Trimplates		
TC por Robot	Nº Robots	TC
38,15	2	19,08
37,43	2	18,72
36,84	2	18,42
35,91	2	17,96
37,20	2	18,60
36,84	2	18,42
38,32	2	19,16
36,45	2	18,23
37,79	2	18,90
36,45	2	18,23
37,08	2	18,54
36,23	2	18,11
36,97	2	18,48
36,77	2	18,38
36,44	2	18,22
37,04	2	18,52
37,00	2	18,50
37,41	2	18,70
36,36	2	18,18
37,50	2	18,75
		18,50

Tabela 44 - TC, em segundos, da linha de montagem final, para o produto A

		Montagem Manual					
		Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5	Posto 6
Marca	A	17,88	19,36	19,63	21,60	18,50	18,57
		18,62	18,86	19,46	22,38	19,08	18,80
		17,57	18,02	20,74	22,30	16,74	17,86
		18,46	18,91	18,64	23,12	20,19	18,34
		16,63	18,42	20,44	20,62	17,25	18,13
		17,28	18,73	21,44	22,07	18,54	18,35
		17,12	19,12	18,63	22,30	18,58	18,16
		16,17	17,73	19,56	21,85	17,28	18,91
		17,91	19,34	20,06	22,37	18,01	18,63
		18,61	20,19	21,13	23,25	16,21	17,93
		19,14	19,74	19,47	22,17	18,95	18,43
		16,48	18,38	21,35	22,36	18,46	19,09
		17,67	19,25	18,03	19,64	17,87	17,66
		17,47	17,52	17,68	21,64	17,05	18,50
		17,19	18,66	19,34	20,88	20,33	18,06
		17,02	18,75	19,62	21,91	18,12	18,12
		17,71	17,96	17,87	22,03	18,12	18,22
		16,67	18,66	21,12	23,32	18,32	16,99
		18,79	18,48	19,07	22,31	18,19	17,44
		15,85	20,18	19,52	22,14	17,58	17,99
MED		17,54	18,81	19,64	22,01	18,17	18,22

Tabela 45 - TC, em segundos, da linha de testes, para o produto A

		Testes							
		Iluminação	Objetivo Elétrico	Subjetivo Elétrico	Programação + Etiquetagem	Passaport	AVI	Subjetivo Mecânico	Embalamento
Marca	A	14,05	18,38	19,12	17,28	13,22	-	21,35	17,41
		15,28	15,94	20,23	18,71	14,41	-	19,39	15,63
		15,92	16,70	18,16	17,87	14,55	-	17,50	17,53
		15,65	16,19	18,80	16,47	14,45	-	19,28	19,01
		16,08	16,45	19,68	18,11	14,91	-	20,50	17,63
		14,67	16,90	19,87	17,36	14,87	-	19,27	16,48
		15,88	16,32	18,68	19,29	13,08	-	21,44	17,45
		15,59	18,37	21,84	18,67	15,85	-	18,71	19,00
		15,52	18,16	20,22	18,65	17,27	-	20,80	16,04
		16,95	17,67	20,16	17,30	12,89	-	19,54	18,49
		15,60	17,52	19,08	18,36	16,51	-	20,07	15,18
		16,36	15,59	20,80	20,08	12,79	-	19,53	19,35
		15,29	15,91	21,17	18,91	14,53	-	18,44	18,68
		17,01	15,96	19,86	16,64	15,11	-	19,48	18,47
		17,26	17,74	20,20	16,53	14,35	-	21,25	16,69
		15,22	16,90	19,75	18,18	14,67	-	19,78	16,68
		14,33	15,66	20,12	20,35	15,63	-	18,54	17,36
		15,68	17,32	18,76	18,17	17,74	-	20,46	16,91
		16,16	16,44	19,89	16,65	14,52	-	19,89	17,03
		14,79	15,92	19,81	18,56	13,08	-	20,54	16,66
MED		15,66	16,80	19,81	18,11	14,72	-	19,79	17,38

Tabela 46 - TC, em segundos, no posto Iluminação, para o produto A

A		
Iluminação		
Tempo por Máquina	Nº Máquina	TC
28,1	2	14,05
30,56	2	15,28
31,84	2	15,92
31,3	2	15,65
32,16	2	16,08
29,34	2	14,67
31,76	2	15,88
31,18	2	15,59
31,04	2	15,52
33,9	2	16,95
31,2	2	15,6
32,72	2	16,36
30,58	2	15,29
34,02	2	17,01
34,52	2	17,26
28,66	2	14,33
30,44	2	15,22
31,36	2	15,68
32,32	2	16,16
29,58	2	14,79
		15,66

Tabela 47 -TC, em segundos, do posto Objetivo Elétrico, para o produto A

A			
Objetivo Elétrico			
Tempo Máquina	Handling Máximo	Nº Máquina	TC
204,77	15,79	12	18,38
175,49	15,79	12	15,94
184,61	15,79	12	16,7
178,49	15,79	12	16,19
181,61	15,79	12	16,45
187,01	15,79	12	16,9
180,05	15,79	12	16,32
204,65	15,79	12	18,37
202,13	15,79	12	18,16
196,25	15,79	12	17,67
194,45	15,79	12	17,52
171,29	15,79	12	15,59
175,13	15,79	12	15,91
175,73	15,79	12	15,96
197,09	15,79	12	17,74
172,13	15,79	12	15,66
187,01	15,79	12	16,9
192,05	15,79	12	17,32
181,49	15,79	12	16,44
175,25	15,79	12	15,92
			16,80

Tabela 48 - TC, em segundos, do posto Subjetivo Elétrico, para o produto A

A		
Subjetivo Elétrico		
Tempo por Máquina	Nº Máquina	TC
38,24	2	19,12
40,46	2	20,23
36,31	2	18,16
37,61	2	18,80
39,37	2	19,68
39,74	2	19,87
37,36	2	18,68
43,67	2	21,84
40,44	2	20,22
40,31	2	20,16
38,15	2	19,08
41,60	2	20,80
42,34	2	21,17
39,73	2	19,86
40,41	2	20,20
39,50	2	19,75
40,24	2	20,12
37,52	2	18,76
39,78	2	19,89
39,62	2	19,81
		19,81

Tabela 49 - TC, em segundos, do posto Programação e Etiquetação, para o produto A

A				
Programação + Etiquetação				
Tempo Máquina	Handling Máximo	Nº Máquina	Colar etiqueta	TC
56,12	7,8	4	5,2	17,28
61,85	7,8	4	5,2	18,71
58,50	7,8	4	5,2	17,87
52,86	7,8	4	5,2	16,47
59,44	7,8	4	5,2	18,11
56,45	7,8	4	5,2	17,36
64,16	7,8	4	5,2	19,29
61,68	7,8	4	5,2	18,67
61,61	7,8	4	5,2	18,65
56,21	7,8	4	5,2	17,30
60,43	7,8	4	5,2	18,36
67,30	7,8	4	5,2	20,08
62,62	7,8	4	5,2	18,91
53,58	7,8	4	5,2	16,64
53,14	7,8	4	5,2	16,53
68,39	7,8	4	5,2	20,35
59,72	7,8	4	5,2	18,18
59,70	7,8	4	5,2	18,17
53,60	7,8	4	5,2	16,65
61,26	7,8	4	5,2	18,56
				18,11



Tabela 50 - TC, em segundos, das células de pré-montagem, para o produto B

		Células de Pré-Montagem	
		Mecanismos	<i>Trimplates</i>
Marca	B	19,20	18,68
		18,53	18,32
		20,26	19,19
		17,71	18,74
		19,82	18,89
		18,45	18,37
		17,12	19,37
		20,15	18,66
		19,02	18,98
		17,65	18,97
		18,63	17,98
		17,67	19,06
		20,37	19,09
		19,32	18,37
		19,13	18,66
		17,58	18,41
		19,56	18,61
		19,92	18,93
		18,98	19,07
		19,62	18,89
	MED	18,93	18,76

Tabela 51 - TC, em segundos, do posto dos robots, na célula de trimplates, para o produto B

B		
<i>Trimplates</i>		
TC por Robot	Nº Robots	TC
37,36	2	18,68
36,63	2	18,32
38,39	2	19,19
37,47	2	18,74
37,79	2	18,89
36,75	2	18,37
38,75	2	19,37
37,33	2	18,66
37,97	2	18,98
37,93	2	18,97
35,96	2	17,98
38,13	2	19,06
38,18	2	19,09
36,75	2	18,37
37,33	2	18,66
36,81	2	18,41
37,22	2	18,61
37,86	2	18,93
38,14	2	19,07
37,78	2	18,89
		18,76

Tabela 52 - TC, em segundos, da linha de montagem final, para o produto B

		Montagem Manual					
		Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5	Posto 6
Marca	B	21,29	19,10	18,75	22,02	20,12	17,86
		18,63	18,46	18,41	21,19	21,08	18,38
		20,94	17,09	19,25	21,01	20,99	18,28
		20,71	19,48	20,18	18,97	20,30	20,14
		20,87	20,01	19,70	21,79	21,24	18,53
		20,56	17,12	16,62	20,43	20,43	17,17
		19,92	18,46	18,18	21,10	20,18	18,43
		21,19	16,72	19,29	20,50	22,04	18,59
		20,98	19,01	18,33	21,62	19,87	18,77
		19,88	18,05	18,95	19,13	20,58	16,99
		19,24	18,80	17,71	21,02	19,86	18,12
		20,01	17,82	18,30	22,10	18,79	17,19
		20,58	17,18	20,27	21,60	22,16	17,02
		21,32	18,82	19,19	22,00	19,65	18,51
		20,45	17,58	18,10	20,23	20,73	18,53
		20,84	18,01	16,79	21,31	19,40	16,98
		19,87	18,20	20,41	21,82	21,55	17,73
		19,77	20,12	18,43	20,26	20,17	18,13
20,22	17,22	18,92	21,26	19,92	19,10		
20,43	17,60	16,84	20,95	21,96	18,05		
MED		20,39	18,24	18,63	21,01	20,55	18,12

Tabela 53 - TC, em segundos, da linha de testes, para o produto B

		Testes						
		Iluminação	Objetivo Elétrico	Subjetivo Elétrico	Programação + Etiquetagem	AVI	Subjetivo Mecânico	Embalamento
Marca	B	14,84	17,05	18,84	18,20	-	19,69	16,96
		14,92	17,31	18,86	20,17	-	18,32	16,17
		14,48	16,84	18,70	18,49	-	17,60	16,48
		13,34	15,85	18,88	18,99	-	18,52	18,34
		14,83	17,48	18,81	17,96	-	17,60	17,11
		17,38	15,85	19,43	16,61	-	20,48	17,31
		14,79	18,32	18,91	20,74	-	20,07	18,11
		15,48	17,61	19,22	17,55	-	17,36	17,03
		15,80	19,36	19,86	18,45	-	18,27	15,84
		14,27	17,05	19,19	18,83	-	17,37	16,31
		15,71	17,34	19,16	18,12	-	17,83	19,17
		14,76	17,05	18,89	20,43	-	17,98	16,44
		15,63	16,53	19,27	18,60	-	19,31	16,49
		17,24	18,15	18,89	19,62	-	18,70	16,43
		16,75	17,51	19,18	20,40	-	17,67	17,40
		14,34	18,20	19,65	18,75	-	16,89	16,86
		15,12	15,57	18,81	17,70	-	17,98	18,07
		13,88	16,53	19,08	18,57	-	16,74	17,88
		14,02	16,29	19,21	18,10	-	19,73	18,10
		15,03	18,12	18,44	18,34	-	20,22	15,71
		15,13	17,20	19,06	18,73	-	18,42	17,11

Tabela 54 - TC, em segundos, do posto Iluminação, para o produto B

B		
Iluminação		
Tempo por Máquina	Nº Máquina	TC
29,68	2	14,84
29,84	2	14,92
28,96	2	14,48
26,68	2	13,34
29,65	2	14,83
34,76	2	17,38
29,59	2	14,79
30,96	2	15,48
31,60	2	15,80
28,54	2	14,27
31,41	2	15,71
29,52	2	14,76
31,26	2	15,63
34,49	2	17,24
33,50	2	16,75
28,67	2	14,34
30,24	2	15,12
27,77	2	13,88
28,05	2	14,02
30,06	2	15,03
		15,13

Tabela 55 - TC, em segundos, do posto Objetivo Elétrico, para o produto B

B			
Objetivo Elétrico			
Tempo Máquina	Handling Máximo	Nº Máquina	TC
188,84	15,79	12	17,05
191,94	15,79	12	17,31
186,32	15,79	12	16,84
174,43	15,79	12	15,85
193,99	15,79	12	17,48
174,37	15,79	12	15,85
204,04	15,79	12	18,32
195,55	15,79	12	17,61
216,57	15,79	12	19,36
188,83	15,79	12	17,05
192,26	15,79	12	17,34
188,84	15,79	12	17,05
182,57	15,79	12	16,53
202,07	15,79	12	18,15
194,30	15,79	12	17,51
202,62	15,79	12	18,20
171,10	15,79	12	15,57
182,61	15,79	12	16,53
179,66	15,79	12	16,29
201,60	15,79	12	18,12
			17,20

Tabela 56 - TC, em segundos, do posto Subjetivo Elétrico, para o produto B

B		
Subjetivo Elétrico		
Tempo por Máquina	Nº Máquina	TC
37,69	2	18,84
37,71	2	18,86
37,40	2	18,70
37,76	2	18,88
37,62	2	18,81
38,87	2	19,43
37,81	2	18,91
38,45	2	19,22
39,72	2	19,86
38,38	2	19,19
38,31	2	19,16
37,78	2	18,89
38,55	2	19,27
37,79	2	18,89
38,36	2	19,18
39,31	2	19,65
37,61	2	18,81
38,15	2	19,08
38,41	2	19,21
36,87	2	18,44
		19,06

Tabela 57 - TC, em segundos, do posto Programação e Etiquetagem, para o produto B

B				
Programação + Etiquetagem				
Tempo Máquina	Handling Máximo	Nº Máquina	Colar etiqueta	TC
59,80	7,8	4	5,2	18,20
67,67	7,8	4	5,2	20,17
60,96	7,8	4	5,2	18,49
62,96	7,8	4	5,2	18,99
58,84	7,8	4	5,2	17,96
53,42	7,8	4	5,2	16,61
69,94	7,8	4	5,2	20,74
57,18	7,8	4	5,2	17,55
60,78	7,8	4	5,2	18,45
62,34	7,8	4	5,2	18,83
59,47	7,8	4	5,2	18,12
68,73	7,8	4	5,2	20,43
61,40	7,8	4	5,2	18,60
65,47	7,8	4	5,2	19,62
68,58	7,8	4	5,2	20,40
62,01	7,8	4	5,2	18,75
57,79	7,8	4	5,2	17,70
61,27	7,8	4	5,2	18,57
59,39	7,8	4	5,2	18,10
60,34	7,8	4	5,2	18,34
				18,73

Tabela 58 - TC, em segundos, das células de pré-montagem, para o produto C1

		Células de Pré-Montagem	
		Mecanismos	<i>Trimplates</i>
Marca	C1	16,66	19,46
		16,77	20,45
		18,09	20,05
		16,95	19,20
		18,04	21,99
		18,09	20,11
		17,67	19,60
		18,22	21,51
		16,84	22,00
		17,68	21,73
		17,04	19,18
		16,79	21,29
		17,22	19,19
		18,06	21,74
		17,17	19,13
		17,15	21,61
		17,13	20,95
		17,60	21,09
		17,54	21,59
		18,08	20,20
	MED	17,44	20,60

Tabela 59 - TC, em segundos, do posto dos robots, na célula de *trimplates*, para o produto C1

C1		
Células de Pré-Montagem		
<i>Trimplates</i>		
TC por Robot	Nº Robots	TC
61,39	3	20,46
61,34	3	20,45
62,84	3	20,95
61,51	3	20,50
61,78	3	20,59
60,33	3	20,11
59,68	3	19,89
59,72	3	19,91
62,99	3	21,00
62,20	3	20,73
62,35	3	20,78
60,87	3	20,29
63,58	3	21,19
62,12	3	20,71
60,40	3	20,13
63,04	3	21,01
62,86	3	20,95
63,27	3	21,09
63,28	3	21,09
60,59	3	20,20
		20,60

Tabela 60 - TC, em segundos, da linha de montagem final, para o produto C1

		Montagem Manual					
		Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5	Posto 6
Marca	C1	18,26	17,33	18,44	20,64	19,01	16,36
		19,32	18,54	20,36	20,25	18,69	16,75
		17,12	17,23	19,50	19,29	17,97	17,07
		17,50	18,12	19,09	17,83	18,20	18,02
		20,17	16,74	21,05	19,02	18,61	15,91
		18,91	17,64	20,93	19,58	18,61	16,53
		18,04	19,03	18,44	19,12	17,53	16,97
		18,41	17,31	19,15	18,49	18,47	18,39
		20,13	18,58	20,45	18,00	16,85	16,62
		18,92	16,46	17,82	19,37	18,64	17,00
		19,90	16,38	19,95	18,24	19,78	16,98
		17,28	16,49	19,39	17,30	17,28	17,57
		17,28	18,24	19,75	18,26	16,89	16,99
		18,74	16,91	18,83	16,83	18,85	15,66
		17,91	18,16	21,01	19,23	16,83	18,89
		19,38	16,61	19,16	18,23	16,92	17,50
		18,69	16,14	18,11	18,17	19,18	17,50
		18,66	16,02	20,17	19,94	17,48	18,14
		20,81	17,81	19,41	18,06	18,09	16,93
		17,12	18,49	19,60	20,22	18,85	16,88
		18,63	17,41	19,53	18,80	18,14	17,13

Tabela 61 - TC, em segundos, da linha de testes, para o produto C1

		Testes						
		Iluminação	Objetivo Elétrico	Subjetivo Elétrico	Programação + Etiquetagem	AVI	Subjetivo Mecânico	Embalamento
Marca	C1	17,77	17,57	17,44	17,43	23,08	17,70	14,75
		17,48	17,74	16,66	18,04	24,21	17,74	16,60
		16,45	17,36	17,42	18,09	23,91	18,07	17,92
		17,59	16,63	18,18	17,33	23,68	17,61	17,59
		16,90	16,93	18,11	17,63	24,76	17,50	15,93
		18,02	16,89	17,39	17,65	24,14	17,75	16,37
		17,02	16,52	18,29	18,00	24,33	16,91	15,98
		18,04	17,51	17,47	17,68	22,86	16,74	18,07
		17,42	17,74	18,24	16,75	24,16	16,99	16,83
		18,14	17,55	16,76	16,10	22,86	17,59	16,13
		18,23	17,57	17,31	18,08	-	17,72	14,71
		17,63	17,43	16,76	18,09	-	18,06	15,21
		17,35	16,89	17,65	17,22	-	17,57	16,86
		16,88	17,55	18,13	17,17	-	17,68	16,01
		18,21	18,29	17,45	18,71	-	18,10	16,53
		17,00	17,29	16,63	18,02	-	18,00	15,37
		19,18	18,00	18,42	16,68	-	18,02	16,76
		18,09	17,43	18,02	18,13	-	17,67	17,81
		16,99	17,50	16,97	16,70	-	17,80	15,42
		17,93	17,41	17,23	17,60	-	18,12	16,46
		17,61	17,39	17,53	17,56	23,80	17,67	16,37



Tabela 62 - TC, em segundos, do posto Objetivo Elétrico, para o produto C1

C1		
Iluminação		
Tempo por Máquina	Nº Máquina	TC
35,53	2	17,77
34,95	2	17,48
32,90	2	16,45
35,18	2	17,59
33,81	2	16,90
36,04	2	18,02
34,04	2	17,02
36,07	2	18,04
34,83	2	17,42
36,28	2	18,14
36,47	2	18,23
35,25	2	17,63
34,69	2	17,35
33,76	2	16,88
36,41	2	18,21
34,00	2	17,00
38,36	2	19,18
36,17	2	18,09
33,97	2	16,99
35,86	2	17,93
		17,61

Tabela 63 - TC, em segundos, do posto Objetivo Elétrico, para o produto C1

C1			
Objetivo Elétrico			
Tempo Máquina	Handling Máximo	Nº Máquina	TC
194,99	15,79	12	17,57
197,11	15,79	12	17,74
192,56	15,79	12	17,36
183,73	15,79	12	16,63
187,40	15,79	12	16,93
186,85	15,79	12	16,89
182,45	15,79	12	16,52
194,34	15,79	12	17,51
197,12	15,79	12	17,74
194,83	15,79	12	17,55
195,00	15,79	12	17,57
193,35	15,79	12	17,43
186,92	15,79	12	16,89
194,77	15,79	12	17,55
203,70	15,79	12	18,29
191,68	15,79	12	17,29
200,17	15,79	12	18,00
193,39	15,79	12	17,43
194,17	15,79	12	17,50
193,14	15,79	12	17,41
			17,39

Tabela 64 – TC, em segundos, do posto Subjetivo Elétrico, para o produto C1

C1		
Subjetivo Elétrico		
Tempo por Máquina	Nº Máquina	TC
34,89	2	17,44
33,32	2	16,66
34,85	2	17,42
36,36	2	18,18
36,22	2	18,11
34,78	2	17,39
36,58	2	18,29
34,95	2	17,47
36,47	2	18,24
33,52	2	16,76
34,62	2	17,31
33,52	2	16,76
35,30	2	17,65
36,27	2	18,13
34,90	2	17,45
33,25	2	16,63
36,84	2	18,42
36,04	2	18,02
33,93	2	16,97
34,45	2	17,23
		17,53

Tabela 65 - TC, em segundos, do posto Programação e Etiquetagem, para o produto C1

C1				
Programação + Etiquetagem				
Tempo Máquina	Handling Máximo	Nº Máquina	Colar etiqueta	TC
54,32	10,21	5	5,2	17,43
56,77	10,21	5	5,2	18,04
56,93	10,21	5	5,2	18,09
53,91	10,21	5	5,2	17,33
55,12	10,21	5	5,2	17,63
55,20	10,21	5	5,2	17,65
56,61	10,21	5	5,2	18,00
55,33	10,21	5	5,2	17,68
51,59	10,21	5	5,2	16,75
49,00	10,21	5	5,2	16,10
56,90	10,21	5	5,2	18,08
56,94	10,21	5	5,2	18,09
53,48	10,21	5	5,2	17,22
53,27	10,21	5	5,2	17,17
59,44	10,21	5	5,2	18,71
56,68	10,21	5	5,2	18,02
51,32	10,21	5	5,2	16,68
57,12	10,21	5	5,2	18,13
51,40	10,21	5	5,2	16,70
54,99	10,21	5	5,2	17,60
				17,56

Tabela 66 - TC, em segundos, das células de pré-montagem, para o produto C2

		Células de Pré-Montagem	
		Mecanismos	<i>Trimplates</i>
Marca	C2	20,35	30,45
		20,68	29,76
		21,29	31,63
		20,51	30,12
		21,08	29,52
		22,05	29,68
		21,80	31,72
		21,38	31,20
		21,59	30,69
		19,85	30,39
		20,93	29,28
		20,47	29,24
		22,12	30,68
		21,33	30,18
		20,97	28,60
		19,95	28,93
		20,85	30,44
		19,09	30,89
		19,41	29,65
		21,04	31,28
	MED	20,84	30,22

Tabela 67 - TC, em segundos, do posto dos robots, na célula de *trimplates*, para o produto C2

C2		
Células de Pré-Montagem		
<i>Trimplates</i>		
TC por <i>Robot</i>	Nº <i>Robots</i>	TC
91,36	3	30,45
89,28	3	29,76
91,89	3	30,63
90,35	3	30,12
88,56	3	29,52
89,03	3	29,68
92,16	3	30,72
93,59	3	31,20
92,06	3	30,69
91,17	3	30,39
87,85	3	29,28
87,71	3	29,24
92,05	3	30,68
90,53	3	30,18
91,79	3	30,60
89,80	3	29,93
91,31	3	30,44
92,66	3	30,89
88,94	3	29,65
90,85	3	30,28
		30,22

Tabela 68 - TC, em segundos, da linha de montagem final, para o produto C2

		Montagem Manual					
		Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5	Posto 6
Marca	C2	23,22	21,97	23,22	24,38	21,29	21,56
		21,54	23,70	23,67	24,56	21,77	20,22
		21,67	22,05	21,99	26,31	21,39	21,61
		22,30	23,48	22,31	24,30	21,24	20,69
		21,16	22,57	22,16	24,11	20,93	21,29
		22,73	22,27	22,94	24,81	22,71	21,13
		22,31	23,50	23,33	27,30	23,02	21,02
		23,16	22,57	23,67	24,36	20,91	21,77
		21,73	23,34	24,55	25,76	22,14	20,73
		22,22	22,81	22,75	24,74	24,11	22,71
		22,49	22,49	21,86	25,04	22,50	23,10
		23,56	22,52	23,18	25,07	22,27	21,33
		21,51	23,54	23,35	24,88	22,28	21,62
		20,89	25,00	25,07	25,27	23,18	21,50
		21,88	24,94	22,38	25,28	21,46	22,51
		22,95	23,47	24,23	24,91	23,07	23,00
		23,04	23,40	22,35	23,87	23,16	20,69
		22,37	23,65	23,77	24,01	21,04	21,57
		21,53	23,06	22,36	27,01	22,23	21,46
		22,62	21,02	25,00	24,90	21,99	21,02
		22,24	23,07	23,21	25,04	22,13	
						21,53	

Tabela 69 - TC, em segundos, da linha de testes, para o produto C2

		Testes						
		Iluminação	Objetivo Elétrico	Subjetivo Elétrico	Programação + Etiquetagem	AVI	Subjetivo Mecânico	Embalamento
Marca	C2	22,36	22,69	20,65	22,77	22,39	23,33	19,84
		23,99	21,23	20,11	22,94	23,75	22,81	20,03
		23,83	23,05	19,51	23,76	22,9	23,60	18,24
		21,85	22,57	19,98	22,34	23,56	22,74	16,91
		23,85	24,36	19,32	22,49	23,05	22,92	20,28
		24,15	23,29	20,33	21,94	22,36	22,69	18,24
		23,83	22,93	18,82	23,43	22,46	23,47	19,79
		24,18	24,95	19,17	22,96	23,56	23,78	19,17
		22,06	23,97	18,72	24,17	24,03	21,86	18,96
		23,20	23,49	20,00	22,77	22,87	23,30	18,45
		23,73	22,96	19,45	22,97	-	22,52	19,04
		21,46	21,57	19,01	23,53	-	24,31	18,27
		23,55	23,06	20,70	23,68	-	23,37	20,07
		23,31	21,34	21,01	22,72	-	23,13	19,25
		23,42	22,31	19,97	22,99	-	24,16	18,86
		23,28	23,81	20,37	22,62	-	23,53	18,53
		21,90	25,05	18,97	22,62	-	23,28	16,78
		22,56	23,45	19,88	23,30	-	22,69	19,51
		21,74	22,82	19,74	23,39	-	21,84	18,42
		23,08	23,65	20,36	22,81	-	22,21	17,76
		23,07	23,13	19,80	23,01	23,09	23,08	18,82

Tabela 70 - TC, em segundos, do posto Iluminação, para o produto C2

C2		
Iluminação		
Tempo por Máquina	Nº Máquina	TC
44,72	2	22,36
47,97	2	23,99
47,65	2	23,83
43,71	2	21,85
47,71	2	23,85
48,30	2	24,15
47,66	2	23,83
49,76	2	24,88
44,11	2	22,06
46,40	2	23,20
47,46	2	23,73
42,91	2	21,46
49,11	2	24,55
46,63	2	23,31
46,83	2	23,42
48,57	2	24,28
43,80	2	21,90
45,12	2	22,56
43,48	2	21,74
46,16	2	23,08
		23,20

Tabela 71 - TC, em segundos, do posto Objetivo Elétrico, para o produto C2

C2			
Objetivo Elétrico			
Tempo Máquina	Handling Máximo	Nº Máquina	TC
256,44	15,79	12	22,69
238,96	15,79	12	21,23
260,76	15,79	12	23,05
255,07	15,79	12	22,57
276,58	15,79	12	24,36
263,65	15,79	12	23,29
259,41	15,79	12	22,93
283,63	15,79	12	24,95
271,81	15,79	12	23,97
266,09	15,79	12	23,49
259,76	15,79	12	22,96
243,04	15,79	12	21,57
260,88	15,79	12	23,06
240,32	15,79	12	21,34
251,91	15,79	12	22,31
269,96	15,79	12	23,81
284,75	15,79	12	25,05
265,64	15,79	12	23,45
258,04	15,79	12	22,82
267,95	15,79	12	23,65
			23,13

Tabela 72 - TC, em segundos, do posto Subjetivo Elétrico, para o produto C2

C2		
Subjetivo Elétrico		
Tempo por Máquina	Nº Máquina	TC
41,30	2	20,65
40,22	2	20,11
39,03	2	19,51
39,95	2	19,98
38,63	2	19,32
40,66	2	20,33
37,63	2	18,82
38,35	2	19,17
37,43	2	18,72
40,00	2	20,00
38,90	2	19,45
38,02	2	19,01
41,40	2	20,70
42,03	2	21,01
39,93	2	19,97
40,74	2	20,37
37,93	2	18,97
39,77	2	19,88
39,47	2	19,74
40,73	2	20,36
		19,80

Tabela 73 - TC, em segundos, do posto Programação e Etiquetação, para o produto C2

C2				
Programação + Etiquetação				
Tempo Máquina	Handling Máximo	Nº Máquina	Colar etiqueta	TC
75,69	10,21	5	5,2	22,77
76,36	10,21	5	5,2	22,94
79,65	10,21	5	5,2	23,76
73,94	10,21	5	5,2	22,34
74,57	10,21	5	5,2	22,49
72,37	10,21	5	5,2	21,94
78,32	10,21	5	5,2	23,43
76,43	10,21	5	5,2	22,96
81,28	10,21	5	5,2	24,17
75,68	10,21	5	5,2	22,77
76,47	10,21	5	5,2	22,97
78,70	10,21	5	5,2	23,53
79,33	10,21	5	5,2	23,68
75,47	10,21	5	5,2	22,72
76,55	10,21	5	5,2	22,99
75,07	10,21	5	5,2	22,62
75,06	10,21	5	5,2	22,62
77,79	10,21	5	5,2	23,30
78,15	10,21	5	5,2	23,39
75,85	10,21	5	5,2	22,81
				23,01

Tabela 74 - TC, em segundos, das células de pré-montagem, para o produto D

		Células de Pré-Montagem	
		Mecanismos	<i>Trimplates</i> (PI)
Marca	D	17,95	16,39
		19,12	16,65
		20,72	15,89
		18,94	18,49
		17,79	16,92
		17,57	14,76
		19,32	17,92
		17,72	16,88
		18,90	15,47
		18,57	15,23
		18,94	15,36
		19,55	17,51
		20,51	17,82
		19,98	16,61
		19,00	17,36
		18,07	18,20
		18,66	15,99
		20,10	16,10
		19,67	17,10
	18,24	17,47	
	MED	18,97	16,71



Tabela 75 - TC, em segundos, da linha de montagem final, para o produto D

		Montagem Manual					
		Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5	Posto 6
Marca	D	19,56	19,15	20,44	21,56	20,03	19,17
		20,38	19,09	21,73	20,57	18,93	19,53
		20,40	19,00	21,49	19,69	21,17	20,78
		21,07	19,26	21,04	21,86	21,45	19,71
		19,42	19,60	19,40	19,80	20,38	18,84
		20,77	20,25	20,17	18,95	20,05	19,48
		18,91	19,95	18,94	20,64	21,23	20,15
		19,56	18,75	21,98	20,92	20,40	18,69
		19,26	20,47	19,93	22,03	20,61	19,84
		20,52	17,58	22,70	20,36	19,84	19,83
		21,37	19,37	19,76	20,83	21,38	20,17
		19,02	19,06	20,64	20,32	20,89	18,40
		21,09	20,13	22,47	20,37	20,79	18,35
		19,87	17,55	21,62	20,87	20,40	19,48
		21,23	18,56	22,26	19,99	21,59	20,34
		19,72	18,15	22,61	21,57	19,86	20,87
		20,29	20,57	19,40	22,10	20,22	18,38
		20,61	18,36	21,05	20,85	20,49	21,00
		21,37	17,71	19,70	21,47	18,79	20,98
		20,22	19,83	22,91	21,05	21,48	19,21
MED		20,23	19,12	21,01	20,79	20,50	19,66

Tabela 76 - TC, em segundos, da linha de testes, para o produto D

		Testes						
		Iluminação	Objetivo Elétrico	Subjetivo Elétrico	Programação + Etiquetagem	AVI	Subjetivo Mecânico	Embalamento
Marca	D	13,00	17,28	19,41	12,35	19,11	19,36	16,25
		11,34	19,27	18,67	12,64	18,83	19,15	14,28
		12,64	18,02	18,71	13,62	18,93	18,79	15,80
		10,78	19,47	17,99	12,01	18,34	19,22	13,95
		13,34	19,01	20,09	13,66	19,26	18,42	16,65
		11,92	18,60	19,58	11,81	18,62	20,01	14,72
		10,61	19,03	18,42	13,95	19,49	18,93	15,15
		11,76	16,77	18,92	13,72	18,84	19,42	14,00
		10,71	17,70	18,98	13,86	19,38	19,24	13,72
		9,67	20,27	18,07	13,15	19,44	19,38	16,77
		12,76	17,49	18,32	14,24	-	18,95	14,00
		12,07	17,64	20,08	12,95	-	19,82	13,98
		12,07	18,35	19,10	10,72	-	19,23	15,31
		12,41	16,55	19,58	13,09	-	18,95	13,51
		12,82	18,05	18,71	11,73	-	19,31	16,32
		11,58	17,10	17,51	12,43	-	19,25	16,23
		13,04	17,63	20,04	12,99	-	18,96	15,54
		12,51	18,53	18,77	13,55	-	20,05	16,72
		11,75	17,57	19,40	10,61	-	18,93	14,22
	11,53	18,12	20,24	14,23	-	18,51	14,40	
MED		11,92	18,12	19,03	12,87	19,02	19,19	15,08

Tabela 77 - TC, em segundos, do posto Iluminação, para o produto D

D		
Iluminação		
Tempo por Máquina	Nº Máquina	TC
26,00	2	13,00
22,69	2	11,34
25,27	2	12,64
21,55	2	10,78
26,68	2	13,34
23,84	2	11,92
21,21	2	10,61
23,53	2	11,76
21,42	2	10,71
19,34	2	9,67
25,52	2	12,76
24,14	2	12,07
24,14	2	12,07
24,83	2	12,41
25,65	2	12,82
23,16	2	11,58
26,08	2	13,04
25,02	2	12,51
23,49	2	11,75
23,06	2	11,53
		11,92

Tabela 78 - TC, em segundos, do posto Objetivo Elétrico, para o produto D

D			
Objetivo Elétrico			
Tempo Máquina	Handling Máximo	Nº Máquina	TC
191,54	15,79	12	17,28
215,45	15,79	12	19,27
200,49	15,79	12	18,02
217,79	15,79	12	19,47
212,38	15,79	12	19,01
207,35	15,79	12	18,60
212,51	15,79	12	19,03
185,46	15,79	12	16,77
196,62	15,79	12	17,70
227,48	15,79	12	20,27
194,05	15,79	12	17,49
195,87	15,79	12	17,64
204,42	15,79	12	18,35
182,75	15,79	12	16,55
200,83	15,79	12	18,05
189,46	15,79	12	17,10
195,79	15,79	12	17,63
206,51	15,79	12	18,53
195,04	15,79	12	17,57
201,71	15,79	12	18,12
			18,12

Tabela 79 - TC, em segundos, do posto Subjetivo Elétrico, para o produto D

D		
Subjetivo Elétrico		
Tempo por Máquina	Nº Máquina	TC
38,82	2	19,41
37,34	2	18,67
37,41	2	18,71
35,98	2	17,99
40,17	2	20,09
39,16	2	19,58
36,84	2	18,42
37,83	2	18,92
37,96	2	18,98
36,13	2	18,07
36,64	2	18,32
40,17	2	20,08
38,19	2	19,10
39,16	2	19,58
37,43	2	18,71
35,03	2	17,51
40,08	2	20,04
37,53	2	18,77
38,81	2	19,40
40,49	2	20,24
		19,03

Tabela 80 - TC, em segundos, do posto Programação e Etiquetação, para o produto D

D				
Programação + Etiquetação				
Tempo Máquina	Handling Máximo	Nº Máquina	Colar etiqueta	TC
34,01	10,21	5	5,2	12,35
35,15	10,21	5	5,2	12,64
39,06	10,21	5	5,2	13,62
32,62	10,21	5	5,2	12,01
39,24	10,21	5	5,2	13,66
31,84	10,21	5	5,2	11,81
40,39	10,21	5	5,2	13,95
39,48	10,21	5	5,2	13,72
40,02	10,21	5	5,2	13,86
37,18	10,21	5	5,2	13,15
41,57	10,21	5	5,2	14,24
36,40	10,21	5	5,2	12,95
27,49	10,21	5	5,2	10,72
36,94	10,21	5	5,2	13,09
31,50	10,21	5	5,2	11,73
34,31	10,21	5	5,2	12,43
36,53	10,21	5	5,2	12,99
38,80	10,21	5	5,2	13,55
27,05	10,21	5	5,2	10,61
41,52	10,21	5	5,2	14,23
				12,87

Tabela 81 - TC, em segundos, das células de pré-montagem, para o produto E

		Células de Pré-Montagem	
		Mecanismos	<i>Trimplates</i>
Marca	E	20,35	21,17
		21,09	19,72
		21,04	20,25
		22,18	20,88
		20,02	19,89
		20,51	21,17
		20,49	20,13
		21,27	20,71
		19,88	21,48
		22,21	21,49
		21,61	20,44
		20,01	20,75
		20,91	20,03
		22,44	19,97
		20,28	21,17
		21,47	19,55
		23,32	20,49
		20,83	21,23
		21,38	20,91
		20,82	20,22
	MED	21,10	20,58

Tabela 82 - TC, em segundos, do posto dos *robots*, na célula de *trimplates*, para o produto E

E		
Células de Pré-Montagem		
<i>Trimplates</i>		
TC por <i>Robot</i>	Nº <i>Robots</i>	TC
63,50	3	21,17
59,17	3	19,72
60,74	3	20,25
62,63	3	20,88
59,67	3	19,89
63,52	3	21,17
60,39	3	20,13
62,14	3	20,71
64,43	3	21,48
61,46	3	20,49
61,33	3	20,44
62,26	3	20,75
60,10	3	20,03
59,91	3	19,97
63,50	3	21,17
61,64	3	20,55
61,47	3	20,49
63,70	3	21,23
62,73	3	20,91
60,67	3	20,22
		20,58

Tabela 83 - TC, em segundos, da linha de montagem final, para o produto E

		Montagem Manual					
		Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5	Posto 6
Marca	E	27,90	22,62	26,17	23,73	27,24	21,40
		28,08	21,28	25,17	24,56	26,93	19,26
		28,06	24,34	26,15	25,09	27,54	19,71
		27,84	23,05	26,21	24,64	27,13	20,92
		28,01	21,96	25,31	23,60	28,19	19,08
		26,88	23,75	25,01	23,81	26,45	20,66
		26,66	21,73	26,11	22,98	25,89	19,39
		28,00	22,61	26,17	25,10	26,20	19,04
		28,08	22,66	26,13	23,49	26,82	20,06
		27,62	23,54	24,95	23,18	27,44	20,77
		27,03	24,18	25,57	23,55	28,13	20,91
		26,55	23,90	24,85	24,53	27,86	21,46
		26,81	21,99	26,26	24,07	26,85	19,01
		27,73	22,90	24,95	25,47	27,53	19,03
		26,54	23,56	25,72	23,65	28,03	19,01
		28,02	21,86	26,09	23,45	26,37	19,71
		28,15	23,56	24,84	25,43	27,76	20,34
		27,96	22,36	26,14	24,23	27,39	20,53
		26,82	23,18	25,61	23,61	26,39	19,67
27,41	22,12	26,20	23,99	28,14	19,19		
MED	27,51	22,86	25,68	24,11	27,21	19,96	

Tabela 84 - TC, em segundos, da linha de testes, para o produto E

		Testes						
		Iluminação	Objetivo Elétrico	Subjetivo Elétrico	Programação + Etiquetagem	AVI	Subjetivo Mecânico	Embalamento
Marca	E	21,70	23,01	26,03	26,03	25,68	20,73	21,34
		21,91	24,52	23,22	24,44	26,96	22,81	21,18
		23,98	24,22	25,02	25,20	27,64	22,38	21,98
		21,79	22,66	26,26	27,14	28,08	21,03	22,91
		24,12	25,61	24,22	24,00	26,61	21,35	21,48
		25,71	26,22	27,27	23,74	27,05	22,49	23,15
		20,88	26,93	26,23	25,55	27,81	23,56	19,97
		24,17	25,92	24,93	27,01	27,7	21,53	22,63
		22,15	27,01	23,78	23,67	27,76	23,38	20,94
		25,92	25,09	22,85	25,01	27,72	22,76	21,47
		21,04	24,33	23,62	24,81	-	22,31	22,83
		23,70	23,60	24,85	25,43	-	22,96	22,12
		24,12	25,52	27,31	26,13	-	20,96	22,86
		22,24	23,56	24,81	25,84	-	20,55	21,31
		25,21	24,19	22,43	24,87	-	23,31	21,17
		22,66	25,63	22,25	23,51	-	20,58	22,13
		21,78	23,52	22,14	24,38	-	22,24	23,17
		23,98	26,58	22,06	26,28	-	23,88	20,87
		20,93	22,43	25,63	24,35	-	22,97	21,23
		24,56	25,49	27,27	24,73	-	23,05	22,70
MED		23,13	24,80	24,61	25,11	27,30	22,24	21,87

Tabela 85 - TC, em segundos, do posto Iluminação, para o produto E

E		
Iluminação		
Tempo por Máquina	Nº Máquina	TC
43,40	2	21,70
43,81	2	21,91
47,95	2	23,98
43,57	2	21,79
48,23	2	24,12
51,41	2	25,71
41,76	2	20,88
48,34	2	24,17
44,30	2	22,15
51,84	2	25,92
42,08	2	21,04
47,40	2	23,70
48,24	2	24,12
44,47	2	22,24
50,41	2	25,21
45,32	2	22,66
43,55	2	21,78
47,95	2	23,98
41,86	2	20,93
49,12	2	24,56
		23,13

Tabela 86 - TC, em segundos, do posto Objetivo Elétrico, para o produto E

E			
Objetivo Elétrico			
Tempo Máquina	Handling Máximo	Nº Máquina	TC
281,81	17,27	13	23,01
301,52	17,27	13	24,52
297,65	17,27	13	24,22
277,31	17,27	13	22,66
315,62	17,27	13	25,61
323,54	17,27	13	26,22
332,82	17,27	13	26,93
319,73	17,27	13	25,92
333,92	17,27	13	27,01
308,84	17,27	13	25,09
298,96	17,27	13	24,33
289,53	17,27	13	23,60
314,47	17,27	13	25,52
289,06	17,27	13	23,56
297,15	17,27	13	24,19
315,93	17,27	13	25,63
288,43	17,27	13	23,52
328,27	17,27	13	26,58
274,29	17,27	13	22,43
314,15	17,27	13	25,49
			24,80



Tabela 87 - TC, em segundos, do posto Subjetivo Elétrico, para o produto E

E		
Subjetivo Elétrico		
Tempo por Máquina	Nº Máquina	TC
52,05	2	26,03
46,45	2	23,22
50,04	2	25,02
52,52	2	26,26
48,45	2	24,22
54,54	2	27,27
52,46	2	26,23
49,85	2	24,93
47,56	2	23,78
45,70	2	22,85
47,23	2	23,62
49,71	2	24,85
54,61	2	27,31
49,61	2	24,81
44,87	2	22,43
44,51	2	22,25
44,29	2	22,14
44,13	2	22,06
51,25	2	25,63
54,54	2	27,27
		24,61

Tabela 88 - TC, em segundos, do posto Programação e Etiquetagem, para o produto E

E				
Programação + Etiquetagem				
Tempo Máquina	Handling Máximo	Nº Máquina	Colar etiqueta	TC
85,10	13,83	7	5,2	26,03
78,72	13,83	7	5,2	24,44
81,77	13,83	7	5,2	25,20
89,54	13,83	7	5,2	27,14
76,97	13,83	7	5,2	24,00
75,94	13,83	7	5,2	23,74
83,17	13,83	7	5,2	25,55
89,00	13,83	7	5,2	27,01
75,64	13,83	7	5,2	23,67
80,99	13,83	7	5,2	25,01
80,23	13,83	7	5,2	24,81
82,68	13,83	7	5,2	25,43
85,47	13,83	7	5,2	26,13
84,32	13,83	7	5,2	25,84
80,47	13,83	7	5,2	24,87
75,02	13,83	7	5,2	23,51
78,50	13,83	7	5,2	24,38
86,09	13,83	7	5,2	26,28
78,38	13,83	7	5,2	24,35
79,91	13,83	7	5,2	24,73
				25,11

Tabela 89 - Tempo de *Handling* máximo no posto Objetivo Elétrico, para todas as marcas

TODOS
Objetivo Elétrico
<i>Handling</i> Máximo
16,76
16,49
16,93
16,92
16,59
18,44
16,97
17,75
16,87
17,67
18,84
18,12
17,49
16,78
16,39
18,30
18,01
16,76
16,42
16,98
17,27

Tabela 90 - Tempo de *Handling* máximo no posto Programação e Etiquetagem, para todas as marcas

TODOS
Programação + Etiquetagem
<i>Handling</i> Máximo
13,61
12,98
14,11
13,99
13,95
13,44
11,89
15,39
13,73
15,46
13,95
13,84
14,37
12,75
13,43
12,21
13,33
15,12
13,96
15,04
13,83

Tabela 91 - Tempo de colar etiqueta no posto Programação e Etiquetagem, para todas as marcas

TODOS
Programação + Etiquetagem
Colar etiqueta
5,10
5,28
5,03
5,47
4,51
5,23
5,21
6,17
4,56
6,09
5,23
6,00
5,26
4,29
4,60
5,46
6,13
4,61
4,81
5,64
5,23

ANEXO VI – CÁLCULO DO *TAKT TIME*

Tabela 92 - Indicadores utilizados no cálculo das variantes do TT

	Volume (uni/dia)	Tempo Disponível (seg)	OE
Linha 1	2262	55440	97,9%
Linha 2	1371	33264	96,2%
Linha 3	1167	55440	97,9%

$$\text{Takt Time Diário Linha 1} = \frac{8h \times 2\text{turnos} \times 60 \times 60}{2262 \text{ uni}} = 25,46 \text{ segundos}$$

$$\text{Takt Time Planeado Linha 1} = \frac{55440 \text{ seg}}{2262 \text{ uni}} = 24,51 \text{ segundos}$$

$$\text{Takt Time Útil Linha 1} = \frac{55440 \text{ seg} \times 0,979}{2262 \text{ uni}} = 23,99 \text{ segundos}$$

$$\text{Takt Time Diário Linha 2} = \frac{8h \times 2\text{turnos} \times 60 \times 60}{1371 \text{ uni}} = 42,02 \text{ segundos}$$

$$\text{Takt Time Planeado Linha 2} = \frac{33264 \text{ seg}}{2262 \text{ uni}} = 24,51 \text{ segundos}$$

$$\text{Takt Time Útil 2} = \frac{55440 \text{ seg} \times 0,962}{1371 \text{ uni}} = 23,35 \text{ segundos}$$

$$\text{Takt Time Diário Linha 3} = \frac{8h \times 2\text{turnos} \times 60 \times 60}{1837 \text{ uni}} = 31,36 \text{ segundos}$$

$$\text{Takt Time Planeado Linha 3} = \frac{55440 \text{ seg}}{1387 \text{ uni}} = 30,18 \text{ segundos}$$

$$\text{Takt Time Útil Linha 3} = \frac{55440 \text{ seg} \times 0,979}{1387 \text{ uni}} = 29,55 \text{ segundos}$$

## ANEXO VII – ANÁLISE DE CAPACIDADES

Tabela 93 - Volumes da Linha 1 e TC associados

Linha 1			
2014	Produto	Volume (uni/dia)	TC (seg)
	A1	850	22
	B1	518	21
	B2	311	21
	A4	188	22
	A2	176	22
	A3	158	22
	A5	61	22
	<b>Total</b>	<b>2262</b>	<b>21,64</b> (média ponderada)
2015	Produto	Volume (uni/dia)	TC (seg)
	A1	635	22
	A5	486	22
	A3	200	22
	A2	96	22
	A4	0	22
	B1	0	21
	B2	0	21
	<b>Total</b>	<b>1416</b>	<b>21,64</b> (média ponderada)

Cálculos para 20014:

*Capacidade Instalada Linha 1 = 24h × 60 × 60 = 86400 segundos/dia*

*Capacidade Disponível Linha 1 = 8h × 2turnos × 60 × 60 = 57600 segundos/dia*

*Capacidade Efetiva Linha 1 = 57600 – ((26 + 6 + 4) × 60) = 55440 segundos/dia*

*Capacidade Realizada Linha 1 = 55440 × 97,88% = 54265 segundos/dia*

*Capacidade Necessária Linha 1 = 2262 × 21,64 = 48935 segundos/dia*

*Utilização Linha 1 =  $\frac{48935}{54265} = 90,2\%$*

Cálculos para 2015

Capacidade Instalada, Capacidade Efetiva e Capacidade Realizada, mantém-se igual à obtida no cálculo para 2014.

*Capacidade Necessária Linha 1* =  $1416 \times 21,64 = 48935 \text{ segundos/dia}$

$$\text{Utilização Linha 1} = \frac{31163}{54265} = 90,2\%$$

Tabela 94 - Volumes da Linha 2 e TC associados

Linha 2			
	Produto	Volume (uni/dia)	TC (seg)
2014	C1	562	19,5
	C2	345	25
	D1	155	21
	D4	153	21
	D2	93	21
	D3	63	21
	<b>Total</b>	<b>1371</b>	<b>21,61</b> (média ponderada)
	2015	Produto	Volume (uni/dia)
D1		343	21
D2		364	21
C1		326	19,5
D4		43	21
C2		40	25
D3		50	21
<b>Total</b>		<b>1167</b>	<b>21,61</b> (média ponderada)

Cálculos para 2014:

*Capacidade Instalada Linha 2* =  $24h \times 60 \times 60 = 86400 \text{ segundos/dia}$

*Capacidade Efetiva Linha 2* =  $33264 \text{ segundos/dia}$  - Calculado na secção 4.2.1.

*Capacidade Realizada Linha 2* =  $33264 \times 96,20\% = 32000 \text{ segundos/dia}$

*Capacidade Necessária Linha 2 = 1371 × 21,61 = 29319 segundos/dia*

$$Utilização\ Linha\ 2 = \frac{29319}{32000} = 91,6\%$$

Cálculos para 2015

Capacidade Instalada, Capacidade Efetiva e Capacidade Realizada, mantém-se igual à obtida no cálculo para 2014.

*Capacidade Necessária Linha 2 = 1167 × 21,61 = 24187 segundos/dia*

$$Utilização\ Linha\ 2 = \frac{24187}{32000} = 75,6\%$$

Tabela 95 - Volumes da Linha 3 e TC associados

Linha 3			
2014	Produto	Volume (uni/dia)	TC (seg)
	E4	747	27,5
	E2	533	27,5
	E1	320	27,5
	E3	236	27,5
		1837	27,50 (média ponderada)
2015	Produto	Volume (uni/dia)	TC (seg)
	E4	2092	27,5
	E1	0	27,5
	E2	0	27,5
	E3	0	27,5
		2092	27,50 (média ponderada)

Cálculos para 2014:

*Capacidade Instalada Linha 3 = 24h × 60 × 60 = 86400 segundos/dia*

*Capacidade Disponível Linha 3 = 8h × 2turnos × 60 × 60 = 57600 segundos/dia*

$$\textit{Capacidade Efetiva Linha 3} = 57600 - ((26 + 6 + 4) \times 60) = 55440 \textit{ segundos/dia}$$

$$\textit{Capacidade Realizada Linha 3} = 55440 \times 97,92\% = 54287 \textit{ segundos/dia}$$

$$\textit{Capacidade Necessária Linha 3} = 1837 \times 27,5 = 50517 \textit{ segundos/dia}$$

$$\textit{Utilização Linha 3} = \frac{50517}{54287} = 91,2\%$$

#### Cálculos para 2015

Capacidade Instalada, Capacidade Efetiva e Capacidade Realizada, mantém-se igual à obtida no cálculo para 2014.

$$\textit{Capacidade Necessária Linha 3} = 2092 \times 27,5 = 57543 \textit{ segundos/dia}$$

$$\textit{Utilização Linha 3} = \frac{57543}{54287} = 106,0\%$$

## ANEXO VIII - ESTUDO ERGONÓMICO

## Estudo Antropométrico

Tabela 96 - Média (M), Desvio-padrão (DP) e Percentis das Dimensões Antropométricas da População Feminina (n=399) (adaptado de Arezes, Barroso, Cordeiro, &amp; Costa, 2006)

Dimensões	M	DP	Percentil			
			1.º	5.º	95.º	99.º
Estatura	1.565	66	1.411	1.456	1.674	1.719
Altura dos olhos	1.465	66	1.311	1.356	1.574	1.619
Altura do ombro	1.295	56	1.165	1.203	1.387	1.425
Altura do punho	685	40	592	620	750	778
Altura do cotovelo	965	46	859	890	1.040	1.071
Distância cotovelo-punho	320	17	280	292	348	360
Alcance funcional anterior	675	33	597	620	730	753
Alcance funcional vertical (de pé)	1.860	85	1.661	1.719	2.000	2.058
Altura sentado	865	35	783	807	923	947
Altura dos olhos (relação ao assento)	760	35	679	703	817	841
Altura lombar (relação ao assento)	220	20	174	187	253	266
Espessura máxima da coxa	165	15	130	140	190	200

## Método de NIOSH

**H** - Distância Horizontal entre as mãos e a vertical que passa pelos tornozelos no início da elevação

**V** - Distância Vertical das mão ao solo, no início da elevação

**D** - Distância Vertical da elevação desde o ponto de início até ao fim da elevação

**A** - Assimetria do movimento de elevação em relação ao plano sagital



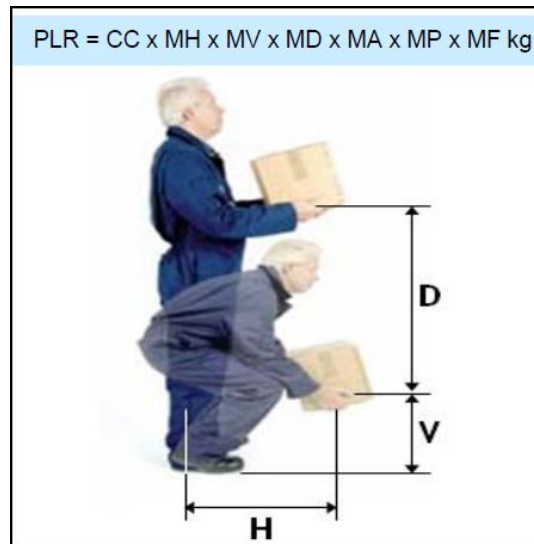


Figura 78 - Componentes da equação NIOSH (adaptado de Colim, 2009)

*Peso Limite Recomendado:  $PLR (kg) = CC \times MH \times MV \times MD \times MA \times MP \times MF$*

*Constante de Carga:  $CC = 23kg$*

*Multiplicador Horizontal:  $MH = \frac{25}{H}$*

*Multiplicador Vertical:  $MV = 1 - [(0,003 \times V)]$*

*Multiplicador de Distância:  $MD = 0,82 + \left(\frac{4,5}{H}\right)$*

*Multiplicador de Assimetria:  $MA = 1 - (0,0032 \times A)$*

*Multiplicador de Frequencia:  $MF = \text{Consultar Tabela 98}$*

*Multiplicador de Pega:  $MP = \text{Consultar Tabela 99}$*

*Índice de Elevação:  $IE = \frac{\text{Peso Atual}}{PLR}$  (comparar resultado com a Tabela 100)*

Tabela 97 - Cálculo do Peso Limite Recomendado e do Índice de Elevação para o abastecimento dos mecanismos, *trimplates* e tampas, antes das ações de melhoria

Mecanismos								H=	45cm
CC	MH	MV	MD	MA	MP	MF		V=	73cm
23	0,556	0,994	0,896	1,000	0,950	0,850		D=	59cm
PLR	9,192							A=	0
			1,123						
Peso Actual	10,321								
Trimplates								H=	45cm
CC	MH	MV	MD	MA	MP	MF		V=	73cm
23	0,556	0,994	0,896	1,000	0,950	0,850		D=	59cm
PLR	9,192							A=	0
			0,639						
Peso Actual	5,876								
Tampas								H=	45cm
CC	MH	MV	MD	MA	MP	MF		V=	15cm
23	0,556	0,820	0,858	1,000	0,950	0,850		D=	117cm
PLR	7,263							A=	0
			1,087						
Peso Actual	7,894								

Tabela 98 - Tabela auxiliar para obter Multiplicador da Frequência (adaptado de Waters, Putz-Anderson, &amp; Garg, 1994)

Frequência (nº de elevações por minuto)	Duração do período com tarefas de elevação					
	≤ 1 h		1 – 2 h		2 – 8 h	
	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75
0,2	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

Tabela 99 - Tabela auxiliar para obter Multiplicador da Pega (adaptado de Waters et al., 1994)

	Multiplicador de Pega	
	V < 75 cm	V ≥ 75 cm
<b>Boa</b>	1,00	1,00
<b>Aceitável</b>	0,95	1,00
<b>Má</b>	0,90	0,90

Tabela 100 - Nível de Risco, consoante o Índice de Elevação

IE	Nível de Risco
1 ≥ IE	Ausência de risco
1 < IE ≤ 3	Risco para alguns operadores
IE > 3	Risco para todos operadores

Tabela 101 - Cálculo do Peso Limite Recomendado e do Índice de Elevação para o abastecimento dos mecanismos e tampas, depois das ações de melhoria

<b>Mecanismo</b>								H= 45 cm
CC	MH	MV	MD	MA	MP	MF		V= 85 cm
23	0,556	0,970	0,987	1,000	1,000	0,850		D= 27 cm
<b>PLR</b>	10,395							A= 0
		0,993	<b>IE</b>					
<b>Peso Actual</b>	10,321							
<b>Tampas</b>								H= 45 cm
CC	MH	MV	MD	MA	MP	MF		V= 35 cm
23	0,556	0,880	0,878	1,000	0,950	0,850		D= 77 cm
<b>PLR</b>	7,976							A= 0 cm
		0,990	<b>IE</b>					
<b>Peso Actual</b>	7,894							

## ANEXO IX – TEMPO DE CICLO DA CÉLULA 2

Tabela 102 - TC da Célula de *Trimplates* 2, para o produto C1, antes da implementação de melhorias

		Antes		
		Células 2 de <i>Trimplates</i>		
		TC Robot (seg)	Nº Robots	TC (seg)
Marca	C1	61,39	3	20,46
		61,34	3	20,45
		62,84	3	20,95
		61,51	3	20,50
		61,78	3	20,59
		60,33	3	20,11
		59,68	3	19,89
		59,72	3	19,91
		62,99	3	21,00
		62,20	3	20,73
		62,35	3	20,78
		60,87	3	20,29
		63,58	3	21,19
		62,12	3	20,71
		60,40	3	20,13
		63,04	3	21,01
		62,86	3	20,95
		63,27	3	21,09
		63,28	3	21,09
		60,59	3	20,20
MED		61,81	20,60	

Tabela 103 - TC da Célula de *Trimplates* 2, para o produto C1, depois da implementação de melhorias

		Depois		
		Células 2 de <i>Trimplates</i>		
		TC Robot (seg)	Nº Robots	TC (seg)
Marca	C1	61,39	4	15,35
		61,34	4	15,34
		62,84	4	15,71
		61,51	4	15,38
		61,78	4	15,44
		60,33	4	15,08
		59,68	4	14,92
		59,72	4	14,93
		62,99	4	15,75
		62,20	4	15,55
		62,35	4	15,59
		60,87	4	15,22
		63,58	4	15,90
		62,12	4	15,53
		60,40	4	15,10
		63,04	4	15,76
		62,86	4	15,72
		63,27	4	15,82
		63,28	4	15,82
		60,59	4	15,15
MED		61,81	15,45	

Tabela 104 - TC da Célula de *Trimplates 2*, para o produto C2, antes da implementação de melhorias

		Antes		
		Células 2 de <i>Trimplates</i>		
		TC Robot (seg)	Nº Robots	TC (seg)
Marca	C2	91,36	3	30,45
		89,28	3	29,76
		91,89	3	30,63
		90,35	3	30,12
		88,56	3	29,52
		89,03	3	29,68
		92,16	3	30,72
		93,59	3	31,20
		92,06	3	30,69
		91,17	3	30,39
		87,85	3	29,28
		87,71	3	29,24
		92,05	3	30,68
		90,53	3	30,18
		91,79	3	30,60
		89,80	3	29,93
		91,31	3	30,44
		92,66	3	30,89
		88,94	3	29,65
		90,85	3	30,28
MED		90,65		30,22

Tabela 105 - TC da Célula de *Trimplates 2*, para o produto C2, antes da implementação de melhorias

		Depois		
		Células 2 de <i>Trimplates</i>		
		TC Robot (seg)	Nº Robots	TC (seg)
Marca	C2	91,36	4	22,84
		89,28	4	22,32
		91,89	4	22,97
		90,35	4	22,59
		88,56	4	22,14
		89,03	4	22,26
		92,16	4	23,04
		93,59	4	23,40
		92,06	4	23,02
		91,17	4	22,79
		87,85	4	21,96
		87,71	4	21,93
		92,05	4	23,01
		90,53	4	22,63
		91,79	4	22,95
		89,80	4	22,45
		91,31	4	22,83
		92,66	4	23,16
		88,94	4	22,24
		90,85	4	22,71
MED		90,65		22,66

## ANEXO X – TEMPO DE CICLO DO POSTO AVI

Tabela 106 - TC do Posto AVI, para o modelo C1, antes e depois, da implementação do posto de classificação

C1	C1
AVI (Antes)	AVI (Depois)
23,08	17,22
24,21	18,30
23,91	17,12
23,68	17,43
24,76	17,76
24,14	16,88
24,33	18,21
22,86	18,10
24,16	18,10
22,86	17,79
23,80	17,69

Tabela 107 - TC do Posto AVI, para o modelo E, antes e depois, da implementação do posto de classificação

E	E
AVI (Antes)	AVI (Depois)
25,68	21,85
26,96	21,98
27,64	21,88
28,08	22,45
26,61	22,30
27,05	22,18
27,81	23,08
27,70	22,26
27,76	23,13
27,72	21,72
27,30	22,28

## ANEXO XI – BALANCEAMENTO DA LINHA PARA O PRODUTO E

Tabela 108 - Tarefas a realizar no Posto 1 do produto A, antes do rebalanceamento

Posto 1			
Nº tarefa	Elementos	Movimentos (uni)	Tempo (seg)
1	Pegar no caixilho e colocar no dispositivo	2	1,2
2	Pegar na placa principal e ler código QR	3	1,8
3	Colocar placa principal no caixilho	3	1,8
4	Fechar dispositivo	2	1,2
5	Posicionar dispositivo	2	1,2
6	Apertar 4x parafusos na parte traseira	20	12,0
7	Pegar etiqueta e colocar no caixilho	4	2,4
8	Posicionar dispositivo	2	1,2
9	Abrir dispositivo	2	1,2
10	Pegar <i>ZIF Cable</i> e montar na placa principal	4	2,4
11	Pegar no aparelho e colocar no posto seguinte	2	1,2
		46,0	27,6

Tabela 109 - Tarefas a realizar no Posto 1 do produto A, depois do rebalanceamento

Posto 1			
Nº tarefa	Elementos	Movimentos (uni)	Tempo (seg)
1	Pegar no caixilho e colocar no dispositivo	2	1,2
2	Pegar na placa principal e ler código QR	3	1,8
3	Colocar placa principal no caixilho	3	1,8
4	Fechar dispositivo	2	1,2
5	Posicionar dispositivo	2	1,2
6	Apertar 4x parafusos na parte traseira	20	12,0
7	Pegar etiqueta e colocar no caixilho	4	2,4
8	Posicionar dispositivo	2	1,2
9	Abrir dispositivo	2	1,2
10	Pegar no aparelho e colocar no posto seguinte	2	1,2
		42,0	25,2

Tabela 110 - Tarefas a realizar no Posto 2 do produto A, antes do rebalanceamento

Posto 2			
Nº tarefa	Elementos	Movimentos (uni)	Tempo (seg)
1	Pegar no aparelho e colocar no dispositivo	2	1,2
2	Fechar dispositivo	2	1,2
3	Apertar 6x parafusos na parte traseira	30	18,0
4	Abrir dispositivo	2	1,2
5	Pegar no aparelho e colocar no posto seguinte	2	1,2
		38,0	22,8

Tabela 111 - Tarefas a realizar no Posto 2 do produto A, depois do rebalanceamento

Posto 2			
Nº tarefa	Elementos	Movimentos (uni)	Tempo (seg)
1	Pegar no aparelho e colocar no dispositivo	2	1,2
2	Pegar <i>ZIF Cable</i> e montar na placa principal	4	2,4
3	Fechar dispositivo	2	1,2
4	Apertar 6x parafusos	30	18,0
5	Abrir dispositivo	2	1,2
6	Pegar no aparelho e colocar no posto seguinte	2	1,2
		42,0	25,2

Tabela 112 - Tarefas a realizar no Posto 3 do produto A, antes do rebalanceamento

Posto 3			
Nº tarefa	Elementos	Movimentos (uni)	Tempo (seg)
1	Pegar no aparelho e colocar no dispositivo	2	1,2
2	Encaixar <i>trimplate</i> no aparelho	8	4,8
3	Posicionar aparelho	3	1,8
4	Apertar 2x parafusos na parte lateral esquerda	10	6,0
5	Posicionar aparelho	2	1,2
6	Apertar 2x parafusos na parte lateral direita	10	6,0
7	Posicionar aparelho	2	1,2
8	Conetar <i>LIF Cable</i> do <i>trimplate</i> na placa principal	4	2,4
9	Pegar no aparelho e colocar no posto seguinte	2	1,2
		43,0	25,8



Tabela 113 - Tarefas a realizar no Posto 3 do produto A, depois do rebalanceamento

Posto 3			
Nº tarefa	Elementos	Movimentos (uni)	Tempo (seg)
1	Pegar no aparelho e colocar no dispositivo	2	1,2
2	Encaixar <i>trimplate</i> no aparelho	8	4,8
3	Posicionar aparelho	3	1,8
4	Apertar 2x parafusos na parte lateral esquerda	10	6,0
5	Posicionar aparelho	2	1,2
6	Apertar 2x parafusos na parte lateral direita	10	6,0
7	Posicionar aparelho	2	1,2
8	Pegar no aparelho e colocar no posto seguinte	2	1,2
		39,0	23,4

Tabela 114 - Tarefas a realizar no Posto 4 do produto A, antes do rebalanceamento

Posto 4			
Nº tarefa	Elementos	Movimentos (uni)	Tempo (seg)
1	Pegar no aparelho e colocar no dispositivo	2	1,2
2	Abrir ficha Zif da placa de serviço	2	1,2
3	Ligar Zif Cable na placa de serviço	4	2,4
4	Pegar no dispositivo e fechar ficha	5	3,0
5	Colocar dispositivo de proteção	3	1,8
6	Apertar 1x parafusos na placa principal	5	3,0
7	Retirar dispositivo de proteção	3	1,8
8	Verificar ligação dos cabos e assinalar com marcador	10	6,0
9	Retirar protetor das conexões do <i>most</i>	4	2,4
10	Colocar aparelho no posto seguinte	2	1,2
		40,0	24,0

Tabela 115 - Tarefas a realizar no Posto 4 do produto A, depois do rebalanceamento

Posto 4			
Nº tarefa	Elementos	Movimentos (uni)	Tempo (seg)
1	Pegar no aparelho e colocar no dispositivo	2	1,2
2	Conectar <i>LIF Cable</i> do <i>trimplate</i> na placa principal	4	2,4
3	Abrir ficha <i>Zif</i> da placa de serviço	2	1,2
4	Ligar <i>Zif Cable</i> na placa de serviço	4	2,4
5	Pegar no dispositivo e fechar ficha	5	3,0
6	Colocar dispositivo de proteção	3	1,8
7	Apertar 1x parafusos na placa principal	5	3,0
8	Retirar dispositivo de proteção	3	1,8
9	Verificar ligação dos cabos e assinalar com marcador	10	6,0
10	Colocar aparelho no posto seguinte	2	1,2
		40,0	24,0

Tabela 116 - Tarefas a realizar no Posto 5 do produto A, antes do rebalanceamento

Posto 5			
Nº tarefa	Elementos	Movimentos (uni)	Tempo (seg)
1	Pegar no aparelho e posicionar	2	1,2
2	Posicionar mecanismo	3	1,8
3	Conectar cabo do mecanismo na placa principal	4	2,4
4	Verificar se a montagem foi corretamente efetuada	1	0,6
5	Pegar no mecanismo e encaixar no aparelho	3	1,8
6	Pegar na tampa protetora e colocar no aparelho	4	2,4
7	Apertar 2x parafusos no mecanismo	10	6,0
8	Retirar tampa protetora	4	2,4
9	Posicionar aparelho	2	1,2
10	Apertar 2x parafusos na parte lateral	10	6,0
12	Colocar aparelho no posto seguinte	2	1,2
		45,0	27,0

Tabela 117 - Tarefas a realizar no Posto 5 do produto A, depois do rebalanceamento

Posto 5			
Nº tarefa	Elementos	Movimentos (uni)	Tempo (seg)
1	Pegar aparelho e retirar protetor das conexões do <i>most</i>	6	3,6
2	Posicionar aparelho no dispositivo	2	1,2
3	Posicionar mecanismo	3	1,8
4	Conetar cabo do mecanismo na placa principal	4	2,4
5	Verificar se a montagem foi corretamente efetuada	1	0,6
6	Pegar no mecanismo e encaixar no aparelho	3	1,8
7	Pegar na tampa protetora e colocar no aparelho	4	2,4
8	Apertar 2x parafusos no mecanismo	10	6,0
9	Retirar tampa protetora	4	2,4
10	Pegar no aparelho e colocar no posto seguinte	2	1,2
		39,0	23,4

Tabela 118 - Tarefas a realizar no Posto 6 do produto A, depois do rebalanceamento

Posto 6			
Nº tarefa	Elementos	Movimentos (uni)	Tempo (seg)
1	Pegar no aparelho e colocar no dispositivo	2	1,2
2	Pegar na tesa e colocar na placa amplificadora	3	1,8
3	Pegar tampa superior e colocar no aparelho	6	3,6
4	Apertar 4x parafusos na tampa superior	20	12,0
5	Pegar no aparelho e colocar no posto seguinte	2	1,2
		33,0	19,8

Tabela 119 - Tarefas a realizar no Posto 6 do produto A, depois do rebalanceamento

Posto 6			
Nº tarefa	Elementos	Movimentos (uni)	Tempo (seg)
1	Pegar no aparelho e colocar no dispositivo	2	1,2
2	Pegar na tampa superior e encaixar a tampa no aparelho	6	3,6
3	Apertar 4x parafusos na tampa superior	20	12,0
4	Posicionar aparelho	2	1,2
5	Apertar 2x parafusos na parte lateral	10	6,0
6	Pegar no aparelho e colocar no posto seguinte	2	1,2
		42,0	25,2

Tabela 120 - TC, em segundos, da linha de montagem final, para o produto E, depois do rebalanceamento

		Montagem Manual					
		Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5	Posto 6
Marca	E	25,22	25,52	23,66	23,40	23,29	25,71
		25,16	24,84	24,48	24,16	23,71	25,37
		25,49	25,55	22,52	23,75	24,21	26,25
		25,25	24,73	23,92	23,50	23,54	25,75
		25,06	24,57	22,84	24,83	22,98	25,33
		24,63	25,95	23,29	24,82	23,50	25,40
		25,06	25,43	23,25	24,21	24,25	24,84
		24,79	25,45	23,42	24,34	23,14	26,00
		25,25	24,97	23,08	23,51	24,72	25,42
		24,54	25,67	22,74	23,40	23,84	25,43
		26,08	25,14	23,67	24,37	24,20	25,23
		25,37	26,10	23,38	25,08	22,75	26,03
		26,07	25,33	23,68	25,16	23,44	25,17
		25,42	25,67	23,61	23,98	25,03	26,29
		26,17	26,03	22,73	24,46	23,57	25,12
		25,82	25,35	23,13	23,92	22,96	24,88
		24,77	24,76	24,01	23,64	22,96	25,98
		25,21	24,99	24,22	24,51	23,70	24,97
		25,42	25,99	23,72	23,96	23,51	25,39
		25,33	24,60	23,97	24,09	23,90	25,10
MED		25,30	25,33	23,47	24,16	23,66	25,48

## ANEXO XII –TEMPO DE CICLO DO PRODUTO A

Tabela 121 - TC, em segundos, do Posto 4 da linha de montagem final, para o produto A, depois da melhoria no dispositivo

		Montagem Manual
		Posto 4
Marca	E	20,49
		20,27
		20,37
		21,14
		20,34
		20,18
		19,84
		20,79
		21,09
		19,92
		20,35
		21,73
		20,19
		21,06
		21,10
		20,59
		19,99
		20,33
20,58		
20,43		
	MED	20,54

ANEXO XIII – TRABALHO NORMALIZADO

<b>DELPHI ELECTRONICS &amp; SAFETY</b>		<b>BRAG WI PRÉ-SÉRIE/ Ver:01</b>								
<b>Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho</b>										
Effective Date: / Data Efectiva: 03-06-2014		Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 16-06-2014								
		Page 1 de 3								
<b>Processo / Modelo: MONTAGEM FINAL / A5</b> <b>Lugar: 1</b> <b>Ref. Doc.: FINALASSEMBLY_A5</b> <b>Sinalética de Segurança: &lt;Quando aplicável&gt;</b>		<b>Notas importantes:</b> SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE								
										
Job Elem. Sheet	Task ID	Elements	Element Time							
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Mão Esquerda</td> <td style="width: 33%;">Ambos Mãos</td> <td style="width: 33%;">Mão Direita</td> </tr> </table>	Mão Esquerda	Ambos Mãos	Mão Direita	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Motion</td> <td style="width: 25%;">Manual Work</td> <td style="width: 25%;">Mach Time</td> <td style="width: 25%;">Wash Time</td> </tr> </table>	Motion	Manual Work	Mach Time	Wash Time
Mão Esquerda	Ambos Mãos	Mão Direita								
Motion	Manual Work	Mach Time	Wash Time							
	1	PEGA NO CAIXILHO E COLOCA NA BASE, <b>FOTO 1</b>	3 1,8							
	2	PEGA NA PLACA PRINCIPAL E LÊ CÓDIGO, <b>FOTO 2</b>	4 2,4							
	3	COLOCA PLACA NO CAIXILHO, <b>FOTO 3</b>	3 1,8							
	5	APERTA 2xPARAFUSOS NA PLACA PRINCIPAL, <b>FOTO 3</b>	10 6,0							
	6	POSICIONA APARELHO, <b>FOTO 4</b>	2 1,2							
	7	APERTA 1xPARAFUSO NA BÚCHA DE LIGAÇÃO, <b>FOTO 4</b>	5 3,0							
	8	COLOCA APARELHO PARA POSTO SEGUINTE	2 1,2							
	9									
	10									
	11									
	12									
	13									
	14									
	15									
	16									
	17									
	18									
	19									
	20									
	21									
	22									
	23									
	24									
		Total	29 17,4							
Realizado por: Data: 03-06-2014 Função: MigE Nome: Hugo Ribeiro		Verificado por: Aprovado por: Data: 16-06-2014 Função: Produção Nome: Rafael Pinto								



FOTO 1



FOTO 2



FOTO 3.1



FOTO 3.2

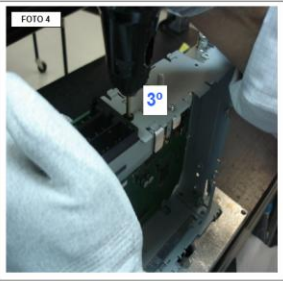


FOTO 3.3



FOTO 4

JUANDO IMPRESSO, ESTE DOCUMENTO NÃO É CONTROLADO A MENOS QUE SEJA IDENTIFICADO COMO CONTROLADO PELO DCC (DOCUMENT CONTROL CENTER)

Figura 79 - Instrução de Trabalho do modelo A5, para o Posto 1

DELPHI ELECTRONICS & SAFETY		BRAG WI PRÉ-SÉRIE / Ver:01							
Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho									
Effective Date: / Data Efectiva: 03-06-2014		Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 16-06-2014							
		Page 1 de 3							
<b>Processo / Modelo:</b> MONTAGEM FINAL / A5 <b>Lugar:</b> 2 <b>Ref. Doc.:</b> FINALASSEMBLY_A5 <b>Sinalética de Segurança:</b> <Quando aplicável>		<b>Notas Importantes:</b> SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE							
Job Elem Sheet	Task ID	Elements			Element Time				
		Mão Esquerda Direita	Ambas Mãos	Mão	Station	Manual Work	Uach Time	Wach Time	
	1				2	1,2			
	2				6	3,6			
	3				15	9,0			
	4				2	1,2			
	5				5	3,0			
	6				2	1,2			
	7								
	8								
	9								
	10								
	11								
	12								
	13								
	14								
	15								
	16								
	17								
	18								
	19								
	20								
	21								
	22								
	23								
Total					32	19,2			
Realizado por: Data: 03-06-2014 Função: MfgE Nome: Hugo Ribeiro		Verificado por:		Aprovado por: Data: 16-06-2014 Função: Produção Nome: Rafael Pinto					

Página

QUANDO IMPRESSO, ESTE DOCUMENTO NÃO É CONTROLADO A MENOS QUE SEJA IDENTIFICADO COMO CONTROLADO PELO DCC (DOCUMENT CONTROL CENTER)

Figura 80 - Instrução de Trabalho do modelo A5, para o Posto 2

<b>DELPHI ELECTRONICS &amp; SAFETY</b>		<b>BRAG WI PRÉ-SÉRIE / Ver:01</b>											
<b>Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho</b>													
Effective Date: / Data Efectiva: 03-06-2014		Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 16-06-2014											
		Page 1 de 3											
<b>Processo / Modelo: MONTAGEM FINAL / A5</b> <b>Lugar: 3</b> <b>Ref. Doc.: FINALASSEMBLY_A5</b> <b>Sinalética de Segurança: &lt;Quando aplicável&gt;</b>		<b>Notas Importantes:</b> <b>SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE</b>											
													
Job Elem. Sheet	Task ID	Elements	Element Time										
		<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>Mão Esquerda</td> <td>Ambas Mãos</td> <td>Mão</td> </tr> <tr> <td>Diante</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão	Diante			<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>Stops</td> <td>Manual Work</td> <td>Match Time</td> <td>Walk Time</td> </tr> </table>	Stops	Manual Work	Match Time	Walk Time
Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão											
Diante													
Stops	Manual Work	Match Time	Walk Time										
	1	PEGA NO TRIMPLATE E LÊ CÓDIGO, <b>FOTO 1</b>	5 3,0										
	2	COLOCA TRIMPLATE NO DISPOSITIVO, <b>FOTO 2</b>	3 1,8										
	3	PEGA APARELHO E POSICIONA NO TRIMPLATE, <b>FOTO 3</b>	4 2,4										
	4	PRESSIONA A PARTE DE BAIXO DO APARELHO NO TRIMPLATE, <b>FOTO 3</b>	4 2,4										
	5	FECHA DISPOSITIVO PARA ENCAIXAR TRIMPLATE, <b>FOTO 4</b>	3 1,8										
	6	ABRE DISPOSITIVO	2 1,2										
	7	PEGA NA CAVILHA DE GUIA E MONTA NO CAIXILHO, <b>FOTO 5</b>	5 3,0										
	8	PEGA E COLOCA SUPORTE DO CONDENSADOR, <b>FOTO 6</b>	5 3,0										
	9	COLOCA APARELHO PARA POSTO SEGUINTE	2 1,2										
	10												
	11												
	12												
	13												
	14												
	15												
	16												
	17												
	18												
	19												
	20												
	21												
	22												
	23												
<b>Total</b>			<b>33 19,8</b>										
<b>Data:</b> 03-06-2014 <b>Função:</b> MfgE <b>Nome:</b> Hugo Ribeiro		<b>Realizado por:</b> <b>Verificado por:</b>	<b>Aprovado por:</b> 16-06-2014 Produção Rafael Pinto										



FOTO 1



FOTO 2



FOTO 3



FOTO 4



FOTO 5



FOTO 6

QUANDO IMPRESSO, ESTE DOCUMENTO NÃO É CONTROLADO A MENOS QUE SEJA IDENTIFICADO COMO CONTROLADO PELO DCC (DOCUMENT CONTROL CENTER)

Figura 81 - Instrução de Trabalho do modelo A5, para o Posto 3



DELPHI ELECTRONICS & SAFETY				BRAG WI PRÉ-SÉRIE/Ver:01			
Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho							
Effective Date: / Data Efectiva:		03-06-2014		Content Reviewed Date: / Data de Revisão:		16-06-2014	
						Page 1 de 3	
<b>Processo / Modelo:</b> MONTAGEM FINAL / A5 <b>Lugar:</b> 4 <b>Ref. Doc.:</b> FINALASSEMBLY_A5 <b>Sinalética de Segurança:</b> <Quando aplicável>				<b>Notas Importantes:</b> SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE			
Job Elem Sheet	Task ID	Elements			Element Time		
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Moton	Manual Work	Wak Time
	1	PEGA APARELHO E COLOCA NO DISPOSITIVO, FOTO 1			2	1,2	
	2	COLOCA MECANISMO NO DISPOSITIVO, FOTO 2			3	1,8	
	3	LIGA CABO DO MECANISMO NA PLACA PRINCIPAL, FOTO 3			6	3,6	
	5	POSICIONA MECANISMO, FOTO 4			4	2,4	
	6	FECHA GAVETA DO DISPOSITIVO, FOTO 5			2	1,2	
	7	APERTA 3x PARAFUSOS (SEGUIR SEQUÊNCIA DA FOTO 6)			15	9,0	
	8	COLOCA APARELHO PARA POSTO SEGUINTE			2	1,2	
	9						
	10						
	11						
	12						
	13						
	14						
	15						
	16						
	17						
	18						
	19						
	20						
	21						
	22						
	23						
Total					34	20,4	
Realizado por:		Verificado por:		Aprovado por:			
Data: 03-06-2014				16-06-2014			
Função: MfgE				Produção			
Nome: Hugo Ribeiro				Pascoal Azevedo			




FOTO 1




FOTO 2




FOTO 3




FOTO 4

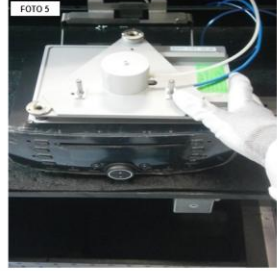


FOTO 5

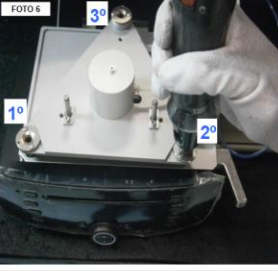

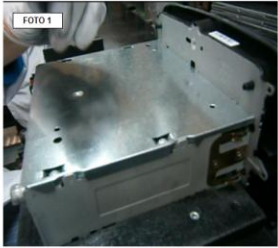


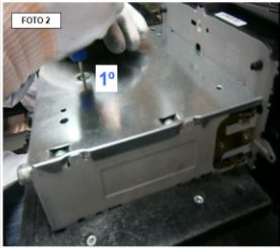
FOTO 6

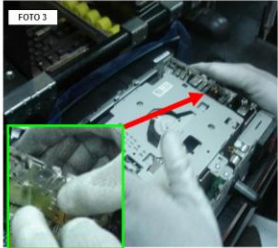
QUANDO IMPRESSO, ESTE DOCUMENTO NÃO É CONTROLADO A MENOS QUE SEJA IDENTIFICADO COMO CONTROLADO PELO DCC (DOCUMENT CONTROL CENTER)

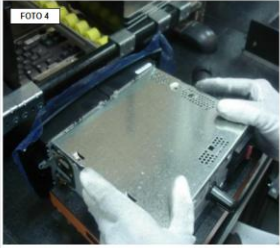
Figura 82 - Instrução de Trabalho do modelo A5, para o Posto 4

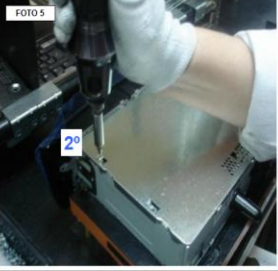
DELPHI ELECTRONICS & SAFETY				BRAG WI PRÉ-SÉRIE / Ver:01				
Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho								
Effective Date: / Data Efectiva:		03-06-2014		Content Reviewed Date: / Data de Revisão:		16-06-2014		
						Page 1 de 3		
<b>Processo / Modelo:</b> MONTAGEM FINAL / A5 <b>Lugar:</b> 5 <b>Ref. Doc.:</b> FINALASSEMBLY_A5 <b>Sinalética de Segurança:</b> <Quando aplicável>				<b>Notas Importantes:</b> SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE				
								
Job Elem Sheet	Task ID	Elements			Element Time			
		Mão Esquerda Direita	Ambas Mãos	Mão	Motion	Manual Work	Mach Time	Wak Time
	1	PEGA APARELHO E COLOCA NA BASE, FOTO 1			3	1,8		
	2	APERTA 1xPARAFUSO NA TAMPA INFERIOR, FOTO 2			5	3,0		
	3	POSICIONA APARELHO, FOTO 3			2	1,2		
	4	FECHA 1xCLIPS DOS IC'S, FOTO 3			3	1,8		
	5	PEGA NA TAMPA SUPERIOR E MONTA NO APARELHO, FOTO 4			6	3,6		
	6	APERTA 2xPARAFUSOS NA TAMPA SUPERIOR, FOTO 5/6			10	6,0		
	7	COLOCA APARELHO PARA POSTO SEGUINTE			2	1,2		
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							
	13							
	14							
	15							
	16							
	17							
	18							
	19							
	20							
	21							
	22							
	23							
Total					31	18,6		
Realizado por:		Verificado por:		Aprovado por:				
Data: 03-06-2014				16-06-2014				
Função: MfgE				Produção				
Nome: Hugo Ribeiro				Rafael Pinto				

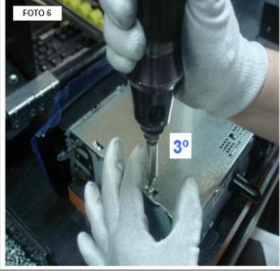












QUANDO IMPRESSO, ESTE DOCUMENTO NÃO É CONTROLADO A MENOS QUE SEJA IDENTIFICADO COMO CONTROLADO PELO DCC (DOCUMENT CONTROL CENTER)

Figura 83 - Instrução de Trabalho do modelo A5, para o Posto 5

DELPHI ELECTRONICS & SAFETY				BRAG WI PRÉ-SÉRIE Ver:01				
Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho								
Effective Date: / Data Efectiva:		03-06-2014		Content Reviewed Date: / Data de Revisão:		16-06-2014		
						Page 1 de 3		
<b>Processo / Modelo:</b> MONTAGEM FINAL / A5 <b>Lugar:</b> 6 <b>Ref. Doc.:</b> FINALASSEMBLY_A5 <b>Sinalética de Segurança:</b> <Quando aplicável>				<b>Notas Importantes:</b> SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE				
Job Elem. Sheet	Task ID	Elements			Element Time			
		Mão Esquerda Direita	Ambas Mãos	Mão	Station	Manual Work	Match Time	Walk Time
	1	PEGA NO APARELHO E COLOCA NA BASE, FOTO 1			2	1,2		
	3	APERTA 1xPARAFUSO NA TAMP A INFERIOR, FOTO 2			5	3,0		
	4	POSICIONA APARELHO, FOTO 3			3	1,8		
	5	APERTA 2xPARAFUSOS NA TAMP A SUPERIOR, FOTO 4 E 5			10	6,0		
	6	VERIFICA PINO DO APARELHO E PELICULA PROTETORA, FOTO 6			6	3,6		
	7	ENVIA APARELHO PARA TESTE			3	1,8		
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							
	13							
	14							
	15							
	16							
	17							
	18							
	19							
	20							
	21							
	22							
	23							
Total					29	17,4		
Realizado por:		Verificado por:		Aprovado por:				
Data: 03-06-2014				16-06-2014				
Função: MfgE				Produção				
Nome: Hugo Ribeiro				Rafael Pinto				

QUANDO IMPRESSO, ESTE DOCUMENTO NÃO É CONTROLADO A MENOS QUE SEJA IDENTIFICADO COMO CONTROLADO PELO DCC (DOCUMENT CONTROL CENTER)

Figura 84 - Instrução de Trabalho do modelo A5, para o Posto 6

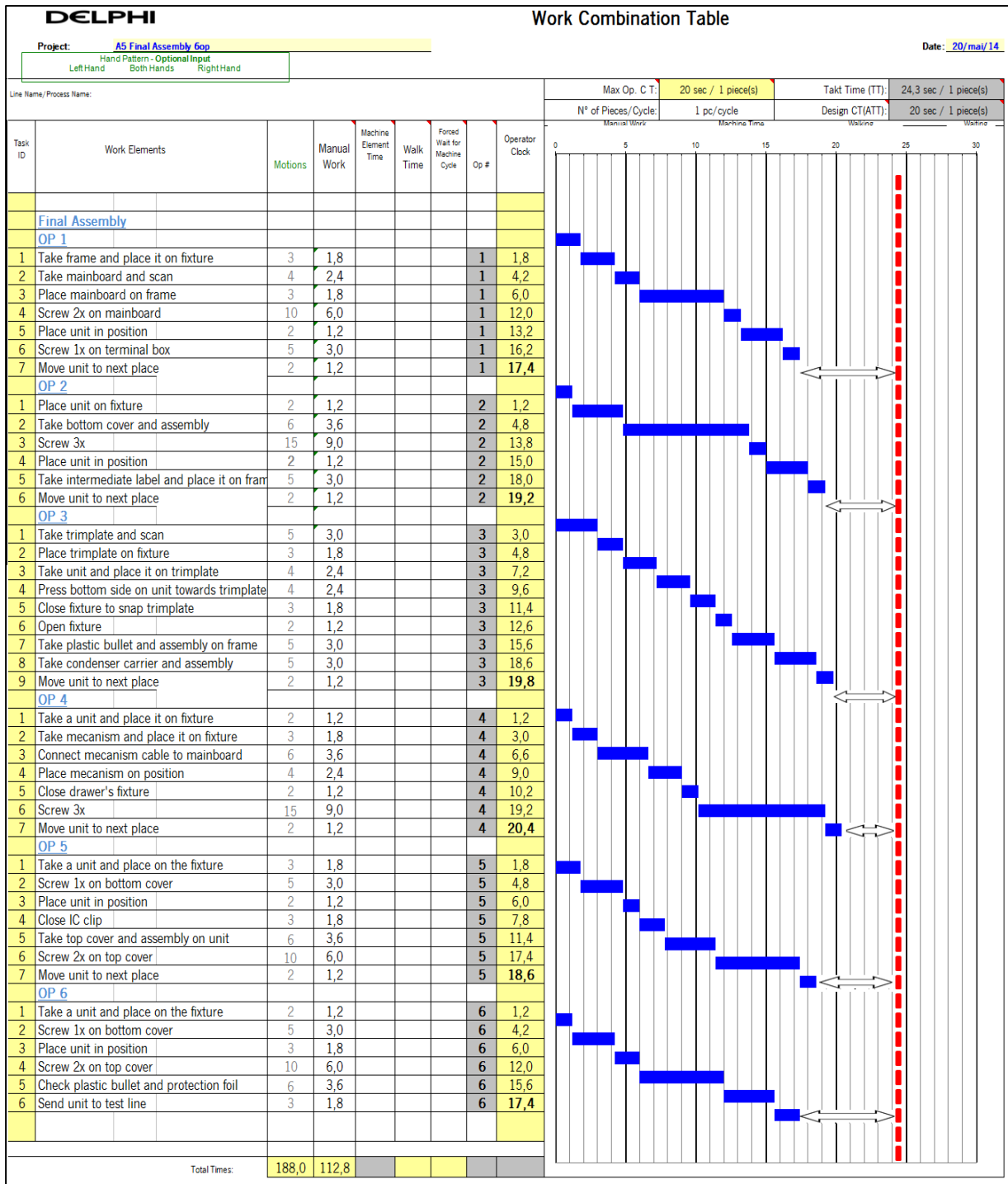


Figura 85 - Work Combination Table para o modelo A5

## ANEXO XIV – MELHORIA NAS PARAGENS DA LINHA 2

Tabela 122 - Causa das Paragens da Linha 2 e tempos associados, em minutos por mês, após as ações de melhoria

AGOSTO		SETEMBRO	
Motivo	Min/dia	Motivo	Min/dia
Avar. Equipamentos	66	<i>Changeover</i>	127
<i>Changeover</i>	52	Ginástica Laboral	92
Ginástica Laboral	48	Experiências	58
Limpeza P1	32	<i>Pré-séries</i>	55
Aprendizagem	23	Aprendizagem	49
Falta de Operadores	8	Limpeza P1	48
Mud. Rolo Imp.	5	Avar. Equipamentos	27
Falta de materiais	2	Reunião Secção	25
	<b>236</b>	Mud. Rolo Imp.	10
		Falta de materiais	7
			<b>498</b>

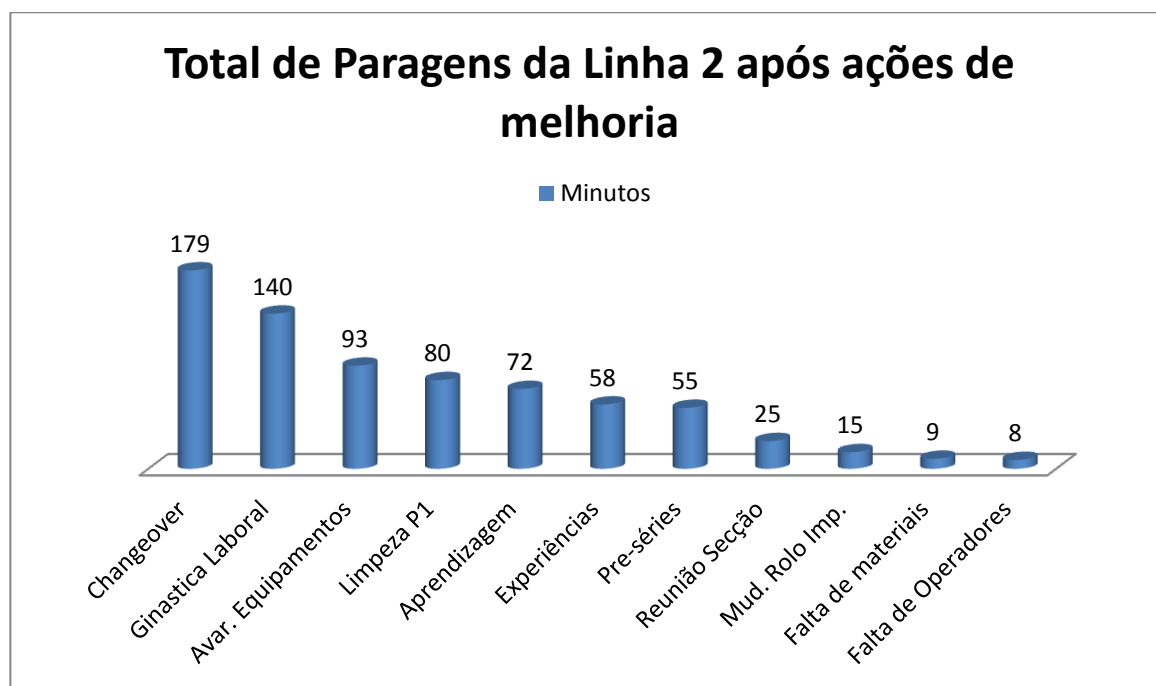


Figura 86- Total de paragens da linha 2 (Agosto e Setembro)

## ANEXO XV – AJUSTE DE CAPACIDADE

Alocação de pessoas do 1º turno, nas linhas de montagem final, **antes** e **depois** do ajuste de capacidade:

*Linha de Montagem Final (3 linhas) = 6 + 6 + 6 = 18 pessoas*

*Linha de Montagem Final (2 linhas) = 6 + 6 = 12 pessoas*

(saem as pessoas alocadas nos postos de montagem da linha 1)

Alocação de pessoas do 1º turno, nas linhas de teste, **antes** e **depois** do ajuste de capacidade:

*Linha de Testes (3 linhas) = 7 + 7 + 7 = 21 pessoas*

*Linha de Testes (2 linhas) = 7 + 7 = 14 pessoas*

(saem as pessoas alocadas na linha de teste 1)

Alocação de pessoas do 1º turno, na célula de mecanismos, **antes** e **depois** do ajuste de capacidade:

*Célula de Mecanismos (1 célula com 3 postos de montagem e 2 de teste)*

*= 1 + 1 + 1 + 2 = 5 pessoas*

*Célula de Mecanismos (1 célula com 2 postos de montagem e 2 de teste) = 1 + 1 +*

*2 = 4 pessoas (sai a pessoa responsável por montar mecanismos para a linha 1)*

Alocação de pessoas do 1º turno, nas células de *trimplates*, **antes** e **depois** do ajuste de capacidade:

*Células de Trimplates (1 posto individual e 3 células) = 1 + 3 + 4 + 5 = 13 pessoas*

*Células de Trimplates (2 células) = 4 + 5 = 9 pessoas*

(saem as pessoas alocadas à célula 1 e ao a pessoa responsável pelo posto individual)

Operadores "Versátil" no 1º Turno, **antes** e **depois** do ajuste de capacidade:

*Operadores "Versátil" = 1 + 1 = 2 pessoas*

*Operadores "Versátil" = 1 pessoa*

(como há menos postos de trabalho, permanece apenas um colaborador "versátil" na seção)

Operadores responsáveis pelo transporte de *kits* no 1º Turno, **antes** e **depois** do ajuste de capacidade:

*Operadores no transporte dos kits = 1 + 1 = 2 pessoas*

*Operadores no transporte dos kits = 1 pessoa*

(sai a pessoa alocada ao transporte de *kits* da linha 1)

Operadores responsáveis pelo abastecimento no 1º Turno, **antes** e **depois** do ajuste de capacidade:

*Operadores no abastecimento = 1 + 1 + 1 + 1 = 4 pessoas*

*Operadores no abastecimento = 1 + 1 + 1 + 1 = 4 pessoas*

Chefes de Linha no 1º Turno, **antes** e **depois** do ajuste de capacidade:

*Chefes de Linha = 2 + 2 = 4 pessoas*

*Chefes de Linha = 2 + 2 = 4 pessoas*

Tabela 123 - Alocação da mão de obra no 1º Turno, antes e depois, do ajuste de capacidade

1º TURNO									
	Linha de Montagem (op/turno)	Linha de Teste (op/turno)	Célula de Mecanismos (op/turno)	Célula de Trimplates (op/turno)	Operador "Versátil" (op/turno)	Abastecimento (op/turno)	Transporte dos kits (op/turno)	Chefes de Linha (op/turno)	TOTAL (1º turno)
Antes	18	21	5	13	2	4	2	4	69
Depois	12	14	4	9	1	4	1	4	49
Diferença	6	7	1	4	1	0	1	0	20

Alocação de pessoas do 2º turno, nas linhas de montagem final, **antes** e **depois** do ajuste de capacidade:

$$\text{Linha de Montagem Final (3 linhas)} = 6 + (6 \times 0,2) + 6 = 13,2 \text{ pessoas}$$

(as 6 pessoas da linha de montagem final 2, são multiplicadas por 0,2 porque estão alocadas a esta linha, apenas, durante 20% do 2º turno)

$$\text{Linha de Montagem Final (2 linhas)} = 6 + 6 = 12 \text{ pessoas}$$

(saem as pessoas alocadas à linha de montagem 1, no entanto, as pessoas da linha de montagem 2 passam a operar o tempo total do turno nessa linha)

Alocação de pessoas do 2º turno, nas linhas de teste, **antes** e **depois** do ajuste de capacidade:

$$\text{Linha de Testes (3 linhas)} = 7 + (7 \times 0,2) + 7 = 15,4 \text{ pessoas}$$

(as 7 pessoas da linha de teste 2, são multiplicadas por 0,2 porque estão alocadas a esta linha, apenas, durante 20% do 2º turno)

$$\text{Linha de Testes (2 linhas)} = 7 + 7 = 14 \text{ pessoas}$$

(saem as pessoas alocadas à linha de teste 1, no entanto, as pessoas da linha de teste 2 passam a operar durante tempo total do turno nessa linha)

Alocação de pessoas do 2º turno, na célula de mecanismos, **antes** e **depois** do ajuste de capacidade:

$$\text{Células de Mecanismos (1 célula com 3 postos de montagem e 2 de teste)}$$

$$= 1 + (1 \times 0,2) + 1 + 2 = 4,2 \text{ pessoas}$$

(a pessoa da célula de mecanismo, responsável pela montagem de artigos para a linha de montagem final 2, é multiplicada por 0,2 porque está alocadas a esta célula, apenas, durante 20% do 2º turno)

$$\text{Células de Mecanismos (1 célula com 2 postos de montagem e 2 de teste)} = 1 + 1 + 2 = 4 \text{ pessoas}$$

(sai a pessoa responsável por montar mecanismos para a linha 1, no entanto, a pessoa encarregue de montar artigos para a linha 2, passa a operar durante o tempo total do turno)



Alocação de pessoas do 2º turno, nas células de *trimplates*, **antes** e **depois** do ajuste de capacidade:

$$\text{Células de Trimplates (1 posto individual e 3 células)} = 1 + 3 + (4 \times 0.2) + 5 \\ = 9,8 \text{ pessoas}$$

(as pessoas alocadas à célula de *trimplates* 2, responsáveis pela montagem de artigos para a linha de montagem final 2, são multiplicadas por 0,2 porque estão alocadas a esta célula, apenas, durante 20% do 2º turno)

$$\text{Células de Trimplates (2 células)} = 4 + 5 = 9 \text{ pessoas}$$

(saem as pessoas alocadas à célula 1 e ao a pessoa responsável pelo posto individual, no entanto, as pessoas da célula 2, passam a operar durante o tempo total do turno nessa célula)

Operadores "Versátil" no 2º Turno, **antes** e **depois** do ajuste de capacidade:

$$\text{Operadores "Versátil"} = 1 + 1 = 2 \text{ pessoas}$$

$$\text{Operadores "Versátil"} = 1 \text{ pessoa}$$

(como há menos postos de trabalho, permanece apenas um colaborador "versátil" na seção)

Operadores responsáveis pelo transporte de *kits* no 2º Turno, **antes** e **depois** do ajuste de capacidade:

$$\text{Operadores no transporte dos kits} = 1 + 1 = 2 \text{ pessoas}$$

$$\text{Operadores no transporte dos kits} = 1 \text{ pessoa}$$

(sai a pessoa alocada ao transporte de *kits* da linha 1)

Operadores responsáveis pelo abastecimento no 2º Turno, **antes** e **depois** do ajuste de capacidade:

$$\text{Operadores no abastecimento} = 1 + 1 + 1 + 1 = 4 \text{ pessoas}$$

$$\text{Operadores no abastecimento} = 1 + 1 + 1 + 1 = 4 \text{ pessoas}$$

Chefes de Linha no 2º Turno, **antes** e **depois** do ajuste de capacidade:

*Chefes de Linha* = 2 + 2 = 4 *pessoas*

*Chefes de Linha* = 2 + 2 = 4 *pessoas*

Tabela 124 - Alocação da mão de obra no 2º Turno, antes e depois, do ajuste de capacidade

2º TURNO									
	Linha de Montagem (op/turno)	Linha de Teste (op/turno)	Célula de Mecanismos (op/turno)	Célula de Trimplates (op/turno)	Operador "Versátil" (op/turno)	Abastecimento (op/turno)	Transporte dos kits (op/turno)	Chefes de Linha (op/turno)	TOTAL (2ºturno)
Antes	13,2	15,4	4,2	9,8	2	4	2	4	54,6
Depois	12	14	4	9	1	4	1	4	49
Diferença	1,2	1,4	0,2	0,8	1	0	1	0	5,6

Tabela 125 - Alocação da mão de obra no total de um dia de trabalho, antes e depois, do ajuste de capacidade

	TOTAL (1ºturno)	TOTAL (2ºturno)	SOMA DOS 2 TURNOS
Antes	69	54,6	123,6
Depois	49	49	98
Diferença	20	5,6	25,6

ANEXO XVI - RESULTADOS OBTIDOS

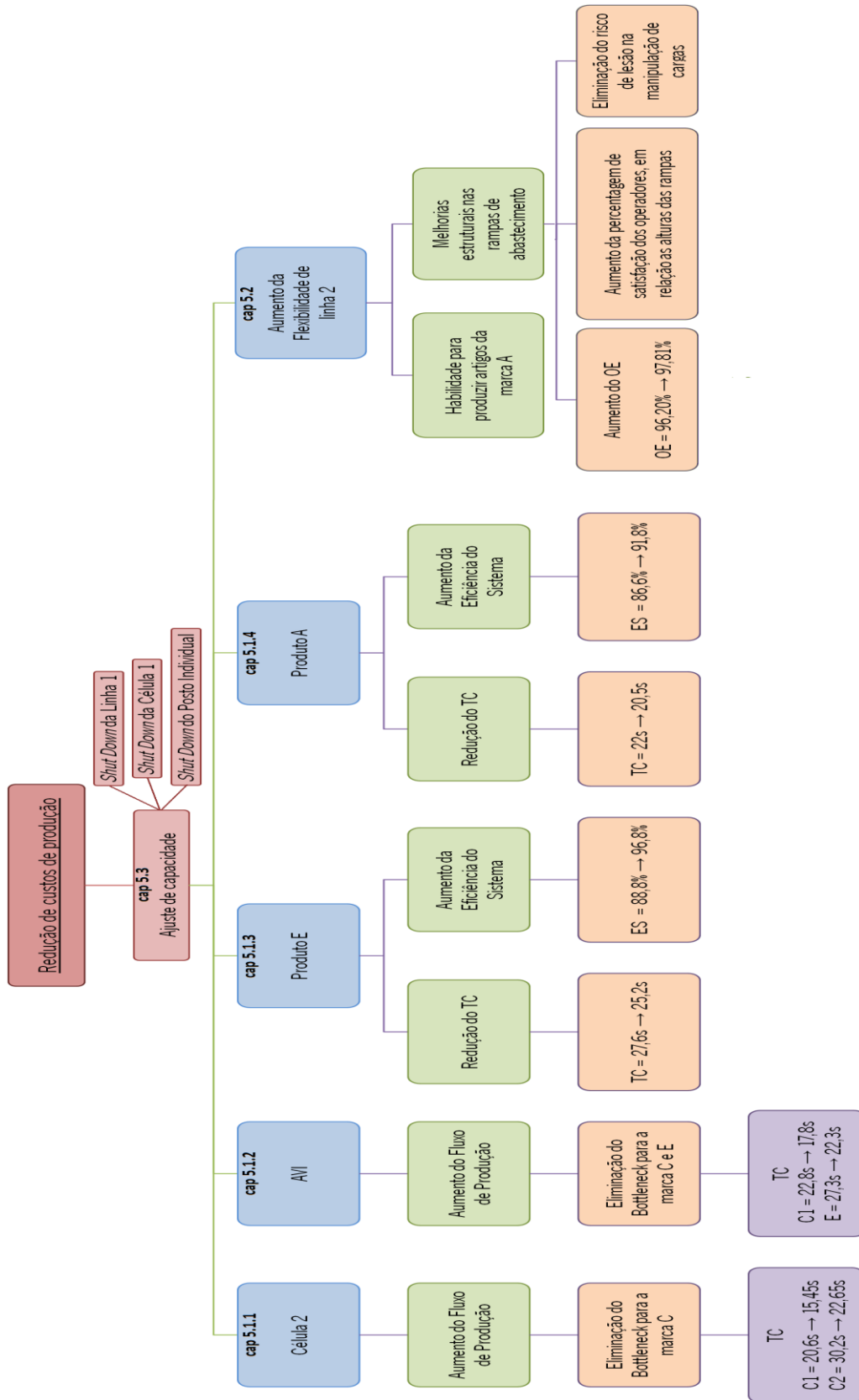


Figura 87 - Relação entre as ações de melhoria implementadas

Tabela 126 - Cálculo dos ganhos, a partir da produtividade

	3 Linhas	2 Linhas	Ganho/ano (€)
Volumes (dia)	5470	4676	-
Pessoas	123,6	98	130 413 €
Produtividade (Unidades/Pessoa*dia)	44,3	47,7	
Espaço (m <sup>2</sup> )	602	401	11 379 €
Produtividade (Unidades/m <sup>2</sup> )	9,1	11,7	
Eletricidade (kWh/dia)	2336	1558	11 855 €
Produtividade (Unidades/kWh*dia)	2,3	3,0	
			153 647 €

Produtividade (Unidades/Pessoa\*dia):

*Custo anual por pessoa (€) = 17.000€*

$$\text{Melhoria na produtividade (\%)} = \left( \frac{47,7 - 44,3}{44,3} \right) = 7,828\%$$

*Custo anual do total da mão de obra (3 linhas)(€) = 17.000€ × 123,6 = 2.101.200€*

*Custo anual do total da mão de obra (2 linhas)(€) = 17.000€ × 98 = 1.666.000€*

*Saving na mão de obra(€) = 1.666.000 × 7,828% = 130.413€*

Produtividade (Unidades/m<sup>2</sup>):

*Custo anual por m<sup>2</sup> (€) = 100€*

$$\text{Melhoria na produtividade (\%)} = \left( \frac{11,7 - 9,1}{9,1} \right) = 28,385\%$$

*Custo anual do espaço ocupado (3 linhas)(€) = 100m<sup>2</sup> × 602 = 60.198€*

*Custo anual do total da mão de obra (2 linhas)(€) = 100m<sup>2</sup> × 401 = 40.087€*

*Saving no espaço ocupado (€) = 40.087€ × 28,385% = 11.379€*

Produtividade (Unidades/kWh\*dia):

$$\text{Custo por kWh}(\text{€}) = 0.11\text{€}$$

$$\text{Melhoria na produtividade (\%)} = \left( \frac{3,0 - 2,3}{2,3} \right) = 28,242\%$$

$$\text{Custo anual em energia (3 linhas)}(\text{€}) = 0.11\text{€} \times 245 \text{ dias} \times 2336\text{kWh} = 62.967\text{€}$$

$$\text{Custo anual em energia (2 linhas)}(\text{€}) = 0.11\text{€} \times 245 \text{ dias} \times 1558\text{kWh} = 40.978\text{€}$$

$$\text{Saving em energia (\text{€})} = 40.978\text{€} \times 28,242\% = 11.855\text{€}$$

Tabela 127 - Cálculo dos ganhos, a partir da comparação de percentagens de redução de volumes e de custos% = 11.855€

Tabela 128 - Cálculo dos ganhos, a partir da comparação de percentagens de redução de volumes e de custos

	Ano 2014	Ano 2015	Diferença	Ganho (%)	Ganho anual (€)
Volumes (unidades/dia)	5470	4676	14,505%	-	-
Custo com mão de obra (€/ano)	2 101 200 €	1 666 000 €	20,712%	6,207%	130 413 €
Custo com espaço (€/ano)	60 198 €	40 087 €	33,407%	18,902%	11 379 €
Custo com eletricidade (€/ano)	62 967 €	41 978 €	33,333%	18,828%	11 855 €
					<b>153 647 €</b>

$$\text{Redução no volume de produção por dia (\%)} = \frac{(5.470 \text{ uni} - 4.676 \text{ uni})}{5.470 \text{ uni}} = 14,505\%$$

$$\text{Redução no custo de mão de obra (\%)} = \frac{(2.101.200\text{€} - 1.666.000\text{€})}{2.101.200\text{€}} = 20,712\%$$

$$\text{Redução nos custos de espaço ocupado (\%)} = \frac{(60.198\text{€} - 40.087\text{€})}{60.198\text{€}} = 33,407\%$$

$$\text{Redução nos custos de energia gasta (\%)} = \frac{(62.967\text{€} - 41.978\text{€})}{62.967\text{€}} = 33,333\%$$

$$\text{Saving na mão de obra (\%)} = 20,712\% - 14,505\% = 6,207\%$$

$$\text{Saving na mão de obra (€)} = 2.101.200\text{€} \times 6,207\% = 130.413\text{€}$$

$$\textit{Saving no espaço ocupado} (\%) = 33,407\% - 14,505\% = 18,902\%$$

$$\textit{Saving no espaço ocupado} (\text{€}) = 60.198\text{€} \times 18,902\% = 11.379\text{€}$$

$$\textit{Saving na energia elétrica} (\%) = 33,333\% - 14,505\% = 18,828\%$$

$$\textit{Saving na energia elétrica} (\text{€}) = 62.967\text{€} \times 18,828\% = 11.855\text{€}$$