



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Hugo Daniel Araújo Moreira

**Melhoria em células de montagem de
blendas de rádios para a indústria
automóvel aplicando princípios *Lean***

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação de

Rui Manuel Alves da Silva e Sousa

Julho de 2017

DECLARAÇÃO

Nome: Hugo Daniel Araújo Moreira

Endereço eletrónico: hugomoreira17@gmail.com Telefone: 917105916 / _____

Número do Bilhete de Identidade: 14755324

Título da dissertação: Melhoria em células de montagem de blendas de rádios para a indústria automóvel aplicando princípios Lean

Orientador(es): Rui Manuel Alves da Silva e Sousa

Ano de conclusão: 2017

Designação do Mestrado:

Nos exemplares das teses de doutoramento ou de mestrado ou de outros trabalhos entregues para

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

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

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus pais pela oportunidade que me proporcionaram de frequentar o Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial e por todo o apoio nas decisões, não só ao longo da dissertação, mas durante os cinco anos de curso.

Gostaria de agradecer também aos meus amigos pela disponibilidade, incentivo e compreensão transmitidos durante o período de realização da dissertação.

Aos meus orientadores na empresa, os engenheiros André Seara e Jorge Duarte, e a todas as pessoas que trabalharam comigo, o meu obrigado por toda a ajuda prestada, conhecimentos partilhados e disponibilidade cedida ao longo dos meses de estágio.

Por fim, gostaria, igualmente, de agradecer ao Professor Rui Sousa pelo apoio prestado no esclarecimento de dúvidas e aconselhamento na elaboração da dissertação.

A todos, o meu muito obrigado.

RESUMO

A presente dissertação foi realizada na empresa *Delphi Automotive Systems – Portugal S.A.*, localizada na cidade de Braga. O principal objetivo foi a industrialização de um produto, descrevendo-se todas as etapas da sua introdução no sistema produtivo, desde a lista de materiais até à produção propriamente dita. Também se desenvolveram melhorias na secção de Montagem Final de autorrádios, tendo como base a metodologia *Lean Manufacturing* e as suas principais ferramentas.

A fase inicial do projeto consistiu em efetuar uma revisão de literatura sobre o tema base da dissertação, o *Lean Manufacturing*. Fez-se uma abordagem à definição da metodologia, aos principais objetivos, aos princípios em que se baseia, aos principais desperdícios, assim como às técnicas e ferramentas fundamentais.

A fase seguinte foi dedicada à apresentação e descrição da empresa, tendo-se, inicialmente, explicado os processos de uma forma genérica e, posteriormente, analisado em detalhe o funcionamento da secção em estudo. Por meio de observações diretas no *shop floor* e recorrendo a estudos de tempos e estrangulamentos, identificaram-se problemas e oportunidades de melhoria, nomeadamente, problemas de qualidade nas blendas e cargas de trabalho desequilibradas.

Identificados os problemas, investigaram-se as causas e sugeriram-se medidas de melhoria relativamente ao *standard work* e mecanismos de prevenção do erro (*poka-yoke*) de modo a intervir nas situações irregulares encontradas.

As várias propostas sugeridas, entre elas, a atualização e realização de dezenas de instruções de trabalho, a industrialização bem-sucedida de um produto, o balanceamento de uma linha de produção e a introdução de um sistema de limpeza tiveram um impacto positivo na empresa. Atingiram-se resultados como a redução do tempo de ciclo de um produto em 2,4 segundos que se traduz num aumento de produtividade de 9% e numa poupança anual de 100.000 euros, até à melhoria de qualidade dos produtos, o que contribuiu para reforçar a imagem positiva da empresa junto do cliente.

PALAVRAS-CHAVE

Lean Manufacturing, autorrádios, industrialização, Melhoria Contínua

ABSTRACT

The current dissertation was developed while on internship on Delphi Automotive Systems – Portugal S.A, in the city of Braga. The main objective was the industrialization of a product, having in account that all the stages of its introduction in the operative system were described, from the listed materials to the actual production so to speak. Adding to the industrialization of a product, the development of upgrades was carried out on the final assembly stage of auto radios, having in its core the Lean Manufacturing methodology as well as its main tools.

The initial stage of the project consisted on transacting a review of the literature about Lean Manufacturing, core theme of the dissertation. An approach was made on the definition of the methodology, on its main objectives, the principles in which it is based on, main wastes as well as on the techniques and prime tools.

The next stage was dedicated to the presentation and description of the company, having initially explained the proceedings in a generic way and subsequently a thorough analysis on the functioning of the studying section. Through various direct observations on the shop floor and resorting to performance indicators, problems were identified as well as opportunities to said problems, namely quality problems on unbalanced working loads and trimplates.

Identifying the problems, the causes were investigated and development measures, such as standard work and poka-yoke, were suggested with the objective to intervene in irregular situations that were found.

The suggested proposals such as the update and the execution of dozens of work instructions, the industrialization of a product, the cycle time reduction of a product line and the implementation of a cleaning system had a positive impact on the company.

Several results were achieved: a reduction cycle time of a product in 2,4 seconds, representing a productivity improvement of 9%; an annual saving of 100.000 euros; the improvement of overall product quality which contributed to strengthen the positive image of the company through clients eyes.

KEYWORDS

Lean Manufacturing, auto radios, industrialization, Continuous Improvement

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo	v
Abstract.....	vii
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tabelas.....	xvii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xix
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de investigação	3
1.4 Estrutura da dissertação	3
2 Revisão bibliográfica.....	5
2.1 Lean Manufacturing	5
2.2 Sistema Toyota da Produção.....	6
2.2.1 Just In Time (JIT).....	7
2.2.2 Jidoka.....	9
2.3 Princípios da metodologia Lean Manufacturing	10
2.4 Tipos de desperdícios	13
2.5 Técnicas e ferramentas Lean Manufacturing.....	15
2.5.1 Dispositivos de prevenção do erro	15
2.5.2 5S.....	18
2.5.3 Trabalho normalizado.....	19
2.5.4 Melhoria contínua	20
2.5.5 Gestão visual.....	21
2.5.6 Manutenção produtiva total	22
2.6 Medidas de desempenho	22
2.6.1 Produtividade	23
2.6.2 Taxa de produção	23
2.6.3 Eficiência	24
2.6.4 Índice de Planura.....	24

2.6.5	Eficácia operacional	24
2.6.6	First Time Quality (FTQ)	25
2.6.7	Capacidade de produção	25
2.7	Caso de sucesso da implementação do Lean	27
3	Apresentação da empresa	31
3.1	Grupo Delphi-perspetiva global.....	31
3.2	Delphi Automotive Systems – Portugal	32
3.3	Áreas de produção.....	33
3.3.1	Montagem Automática de Componentes - SMT	34
3.3.2	Montagem Manual de Componentes - CBA.....	35
3.3.3	Montagem Final - FA	36
4	Descrição e análise crítica da situação inicial.....	37
4.1	Lean production na Delphi Braga	37
4.1.1	Gestão visual.....	37
4.1.2	Trabalho normalizado.....	38
4.1.3	Mecanismos de prevenção do erro	38
4.2	Processo produtivo na secção de Montagem Final	40
4.2.1	Lista de materiais	40
4.2.2	Produto acabado	42
4.2.3	Implantação da célula de pré-montagem de blendas (L-TRIM-003).....	43
4.2.4	Implantação da célula de pré-montagem de blendas (L-TRIM-001).....	44
4.2.5	Implantação do posto de trabalho independente	45
4.2.6	Implantação da linha de montagem final do produto E.....	46
4.2.7	Planeamento e controlo da produção.....	46
4.2.8	Estudo de tempos e identificação de estrangulamentos na montagem final.....	48
4.3	Problemas identificados/oportunidades de melhoria.....	49
4.3.1	Instruções de trabalho desatualizadas e falta de standard.....	49
4.3.2	Qualidade nas blendas do produto B.....	50
4.3.3	Resumo dos problemas/oportunidades de melhoria identificados	54
5	Industrialização de um novo produto	55
5.1	Distribuição do conteúdo de trabalho.....	55

5.2	Abastecimento e apresentação do material.....	60
5.3	Identificação de pontos críticos do processo	64
5.4	Testes de tensão às placas (Strain Gage Measurement-SGM).....	70
5.5	Elaboração das instruções de trabalho.....	72
6	Propostas de melhoria e ações implementadas	75
6.1	Informatização das instruções de trabalho e criação de normas de designação	75
6.2	Balanceamento para o produto E	76
6.3	Implementação de um sistema de limpeza de blindas	78
6.4	Resumo das propostas de melhoria	83
7	Análise de resultados.....	85
7.1	Industrialização do produto D1.....	85
7.2	Balanceamento para o produto E	85
7.3	Introdução do sistema de limpeza de blindas.....	87
7.4	Informatização das instruções de trabalho e criação de normas de designação	87
8	Conclusões.....	89
	Referências Bibliográficas.....	91
	Anexo I - Código de cores Delphi.....	99
	Anexo II - Exemplos de instruções de trabalho	100
	Anexo III - Work Combination Table (WCT).....	102
	Anexo IV - Software do trabalho normalizado	114
	Anexo V - Instruções de trabalho do produto D1	115
	Anexo VI - Cálculo dos indicadores de desempenho produto E	123
	Anexo VII - Ecrã inicial da ferramenta da Delphi	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Casa do TPS (Rosing, Scheel, & Scheer, 2015)	7
Figura 2 - Produção por lotes vs One-piece-flow (Madhan, 2015).....	8
Figura 3 - Fluxo contínuo vs descontínuo (Industry forum, 2017)	12
Figura 4 - Sistema pull (Creative Safety Supply, 2017).....	12
Figura 5 - Os 8 desperdícios (Lean Ergonomics,2017)	15
Figura 6 - Exemplos de poka-yoke: (a) contacto (b) conjunto (c) etapas (Shimbun, 1988)....	17
Figura 7 - Etapas da ferramenta 5S (Clients First, 2017)	18
Figura 8 - Ciclo PDCA (Nouman, 2017).....	21
Figura 9 - Desagregação do tempo total de produção	25
Figura 10 - (a) Desorganização do posto (b) Excesso de stock (Lean Management, 2017) ...	28
Figura 11 - Alterações no fluxo com o novo layout (Lean Management, 2017).....	28
Figura 12 - (a) Aplicação de 5S (b) Marcações do shop floor (Lean Management, 2017)	28
Figura 13 - Segmentos produtivos da Delphi (Delphi, 2017)	31
Figura 14 - Representação da Delphi em Portugal (Delphi, 2017)	32
Figura 15 - Complexo Delphi- Braga (Delphi, 2017)	32
Figura 16 - Principais clientes Delphi (Delphi, 2017).....	33
Figura 17 - Exemplos dos principais produtos (Delphi, 2017)	33
Figura 18 - Produto acabado da área dos plásticos	34
Figura 19 - Implantação de uma linha de inserção automática de componentes.....	35
Figura 20 - Implantação de uma linha de sticklead.....	35
Figura 21 - Implantação de uma linha de montagem final	36
Figura 22 - Exemplo de gestão visual (a) matérias primas (b) produto acabado.....	38
Figura 23 - Exemplos de poka-yoke: (a) contacto (b) operação de aparafusamento	39
Figura 24 - (a) Placas de Sticklead (b) Caixilhos (c) Blendas (d) Mecanismos (e) Tampas ...	41
Figura 25 - Implantação da célula de pré-montagem de blendas (L-TRIM-003).....	44
Figura 26 - Implantação da célula de pré-montagem de blendas (L-TRIM-001).....	45
Figura 27 - Implantação do posto de trabalho independente	45
Figura 28 - Implantação da linha de montagem final- produto E	46
Figura 29 - Planeamento da produção na Delphi Braga.....	46
Figura 30 - Exemplo de um manifesto	47
Figura 31 - Gráfico de Pareto dos defeitos encontrados.....	52

Figura 32 - Diagrama de Ishikawa dos defeitos.....	53
Figura 33 - Implantação da célula de pré-montagem de blendas (L-TRIM-001).....	56
Figura 34 - Implantação da linha de montagem final - produto D1.....	57
Figura 35 - (a) Tabuleiro de placas de serviço (b) Caixa de esteiras.....	61
Figura 36 - (a) Tabuleiro de botões (b) Caixa do botão acionador.....	61
Figura 37 - Parts presentation do posto 1: (a) caixilhos (b) molas (c) parafusos.....	62
Figura 38 - Parts presentation do posto 2: (a) placas principais (b) Impressora.....	62
Figura 39 - Parts presentation do posto 3: (a) tampa inferior (b) “bala”.....	63
Figura 40 - Parts presentation do posto 4: tampa superior.....	63
Figura 41 - Parts presentation posto 5: blendas.....	63
Figura 42 - (a) chapas de refrigeração (b) parafusos (c) doseador.....	64
Figura 43 - (a) Base intermédia entre postos (b) tapete rolante.....	64
Figura 44 - Base da prensa.....	65
Figura 45 - Base para colocação da lente.....	66
Figura 46 - (a) prensa (b) início de operação (c) fim de operação.....	66
Figura 47 - Base de aparafusamento-produto D1.....	67
Figura 48 - Leitura do código 2D.....	67
Figura 49 - Dispositivo posto 1-produto D1.....	68
Figura 50 - Exemplo de sinal de bom aparafusamento.....	68
Figura 51 - Tampa do dispositivo de aparafusamento-posto 2.....	69
Figura 52 - Dispositivo do posto 4.....	69
Figura 53 - Dispositivo do posto 5.....	70
Figura 54 - Dispositivo posto 6: (a) local colocação da chapa (b) aparafusamento.....	70
Figura 55 - Posicionamento dos sensores.....	71
Figura 56 - Resultados do teste de tensão à placa.....	72
Figura 57 - Instrução de trabalho do produto D1 para o posto 1 da célula de pré-montagem.....	73
Figura 58 - Esboço do Sistema de limpeza-visão geral.....	79
Figura 59 - Esboço do Sistema de limpeza-visão interior.....	79
Figura 60 - Esboço do sistema de limpeza-visão interior da aspiração.....	80
Figura 61 - Esboço do Sistema de limpeza-localização do scanner.....	80
Figura 62 - Implantação proposta para a célula de pré-montagem de blendas (L-TRIM-001).....	83
Figura 63 - Código de cores Delphi.....	99
Figura 64 - Exemplo de instrução de trabalho 1.....	100
Figura 65 - Exemplo de instrução de trabalho 2.....	101

Figura 66 - WCT produto A1-posto 1 e 2.....	102
Figura 67 - WCT produto A1-posto 3, 4 e 5.....	103
Figura 68 - WCT produto B.....	104
Figura 69 - WCT produto C.....	105
Figura 70 - WCT produto E-postos 1-4.....	106
Figura 71 - WCT produto E- postos 5 e 6.....	107
Figura 72 - WCT rebalanceamento do produto E- postos 1-3.....	108
Figura 73 - WCT SubAssy-produto D1.....	109
Figura 74 - WCT Montagem final-posto 1-3-produto D1.....	110
Figura 75 - WCT Montagem final-posto 4-6-produto D1.....	111
Figura 76 - WCT rebalanceamento do produto E- postos 4-6.....	112
Figura 77 - WCT com limpeza automática-produto B.....	113
Figura 78 - Ecrã inicial do software.....	114
Figura 79 - IT ProdutoD1.SUBASSY/TRIMPLATES.P1.....	115
Figura 80 - IT ProdutoD1.SUBASSY/TRIMPLATES.P2.....	116
Figura 81 - IT ProdutoD1.FA.P1.....	117
Figura 82 - IT ProdutoD1.FA.P2.....	118
Figura 83 - IT ProdutoD1.FA.P3.....	119
Figura 84 - IT ProdutoD1.FA.P4.....	120
Figura 85 - IT ProdutoD1.FA.P5.....	121
Figura 86 - IT ProdutoD1.FA.P6.....	122
Figura 87 - Ecrã da ferramenta.....	125

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Ganhos de produtividade com melhorias Lean (Lean Management, 2017)	29
Tabela 2 - Designação dos produtos.....	40
Tabela 3 - Lista de materiais dos principais produtos	41
Tabela 4 - Outputs da secção de Montagem Final	43
Tabela 5 - Tempos de ciclo dos highrunners das células de sub-assembly	48
Tabela 6 - Tempos de ciclo de um highrunner de uma linha de montagem final	49
Tabela 7 - Defeitos presentes no produto final	50
Tabela 8 - Defeitos presentes no produto final agrupados	51
Tabela 9 - Problemas/ oportunidades de melhoria	54
Tabela 10 - Tabela com o standard das motions	56
Tabela 11 - Lista de operações antes e depois do aparafusamento	57
Tabela 12 - Operações da montagem final	58
Tabela 13 - Tempos de ciclo dos postos da célula de pré-montagem - produto D1	59
Tabela 14 - Tempos de ciclo dos postos da montagem final para o produto D1	60
Tabela 15 - Comparação do antes e depois das operações do produto E.....	77
Tabela 16 - Comparação dos tempos de processamento	78
Tabela 17 - Lista de operações do posto 1 da célula (limpeza manual)	81
Tabela 18 - Lista de operações do posto 1 da célula (limpeza automática).....	81
Tabela 19 - Problemas identificados vs propostas de melhoria	83
Tabela 20 - Comparação de indicadores de desempenho produto E.....	86
Tabela 21 - Poupanças monetárias com o balanceamento proposto para o produto E.....	86
Tabela 22 - Cálculo da poupança em material para produto E	124
Tabela 23 - Volumes do produto E para os próximos 5 anos	124

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

CBA – *Circuit Board Assembly*

FA – *Final Assembly*

FIS – *Factory Information System*

FTQ – *First Time Quality*

IC – *Integrated Circuit*

JIT – *Just-In-Time*

PCB – *Printed Circuit Board*

PC&L – *Planning, Control & Logistics*

QRC – *Quick Response Code*

SMT – *Surface Mounted Technology*

TPM – *Total Productive Maintenance*

TPS – *Toyota Production System*

WIP – *Work-in-Process*

Melhoria em células de montagem de blendas de rádios para a indústria automóvel aplicando princípios *Lean*

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo introdutório da dissertação faz-se um enquadramento do projeto, estabelecem-se objetivos, explica-se a metodologia de investigação para atingir esses objetivos e descreve-se a estrutura da dissertação.

1.1 Enquadramento

No universo empresarial atual, em que a competitividade é cada vez maior e em que são impostas políticas de redução de custos rigorosas, a otimização de todos os recursos, quer humanos quer materiais, é imperativa. Especificamente no ramo automóvel, as empresas deparam-se frequentemente com cenários de flutuações de procura, alterações nas especificações dos produtos e prazos de entrega cada vez mais curtos.

No contexto de crescimento da empresa *Delphi Automotive Systems-Portugal S.A*, em que a crescente diversidade de produtos é uma realidade, a redução de desperdícios em processos produtivos nevrálgicos, a melhoria na utilização do espaço fabril e a produção de artigos com qualidade excepcional e irrepreensível são necessidades iminentes.

A preocupação com a eliminação de todos os tipos de desperdícios remonta à introdução do *Toyota Production System* (TPS), por Taiichi Ohno na empresa automóvel Toyota (Ohno, 1988).

É neste âmbito que a filosofia *Lean Manufacturing* (Womack, Jones & Roos, 1990), oriunda do TPS, e os seus princípios adquirem uma importância extrema, dado que abrangem uma série de ferramentas capazes de reduzir e, na melhor das hipóteses, eliminar por completo os desperdícios existentes nas organizações (Pettersen, 2009).

Consideram-se desperdícios todas as atividades presentes num processo produtivo que além de não acrescentarem valor ao produto consomem recursos (Womack & Jones, 1996).

Ohno (1988) identificou os sete desperdícios principais existentes nas empresas que foram, mais tarde, verificados por Shingo (1996) como sendo: espera, defeito, transporte, movimentação, inventário, processamento inadequado (sobprocessamento ou subprocessamento) e a sobreprodução, esta última considerada por muitos como o pior dos desperdícios (Imai, 1997).

A eliminação destes desperdícios e o conseqüente aumento no desempenho das empresas através da implementação do *Lean Manufacturing* é um método que funciona, tal como

demonstrado na literatura por diversos autores, nomeadamente Fullerton & McWatters (2001).

Uma das principais diretivas da organização é o foco no cliente e a sua satisfação total com os produtos, daí a melhoria contínua ser uma aposta forte da empresa na perseguição deste objetivo, pois tal como dizia Crosby “*When you're out of quality, you're out of business*” (Crosby, 1979).

Atualmente, e no seguimento desta meta, a diminuição do aparecimento de defeitos é um dos principais focos da organização em geral, e em particular da unidade fabril de Braga.

Assim, e tendo em conta a crescente competitividade no setor automóvel, a *Delphi Automotive Systems-Portugal S.A* procura constantemente dotar os processos de maior flexibilidade, tornando-os cada vez mais capazes e robustos, quer seja com a introdução de novos equipamentos, rebalanceamentos da carga de trabalho ou alterações de implantação (*layout*).

A presente dissertação enquadrar-se-á nas metas da empresa e incidirá essencialmente na proposta de melhorias que conduzam ao aumento da flexibilidade das células de produção e à satisfação cada vez maior do cliente, tendo por base a aplicação de princípios *Lean*.

1.2 Objetivos

Este projeto de dissertação tem como objetivos: industrializar um produto e implementar melhorias nas células de montagem de blendas (painel frontal do autorrádio), que têm uma representatividade de 40% do volume total diário de *Head-Units* (também designadas de blendas ou *trimplates*), tendo em vista otimizar a utilização de todos os recursos disponíveis.

Pretende-se, assim, uma melhoria geral do desempenho do processo produtivo de *trimplates* tendo em vista o aumento da produtividade e da qualidade, com recurso a ferramentas *Lean Manufacturing*, como por exemplo, o trabalho normalizado.

Numa primeira fase será feita uma análise ao sistema produtivo, mais concretamente às células de montagem de blendas, em que o pretendido é a identificação dos problemas encontrados e as possíveis oportunidades de melhoria.

Posteriormente, e feita uma análise aos problemas existentes, apresentar-se-ão propostas de melhoria que, caso seja possível implementá-las, incidirão nos problemas identificados. As propostas passam, por exemplo, pela implementação do trabalho normalizado, a integração de um produto novo na montagem final de blendas e a introdução de um sistema automático de limpeza de blendas.

Por fim, é necessário avaliar o impacto das propostas expondo e analisando os resultados obtidos.

1.3 Metodologia de investigação

A metodologia adotada foi do tipo *action-research* (Investigação-ação), que consiste numa abordagem em que o investigador e os membros da empresa colaboram no diagnóstico dos problemas e no desenvolvimento de soluções, tendo em vista a resolução de problemas organizacionais (Bryman & Bell, 2011).

A primeira fase da metodologia diz respeito à realização de uma revisão da literatura sobre o tema *Lean Manufacturing*, em que se executou uma pesquisa bibliográfica dos tópicos existentes sobre o tema de pesquisa, de modo a estabelecer uma base teórica que permitisse fundamentar o assunto em questão. A pesquisa bibliográfica baseou-se em fontes fidedignas e de relevo para o tema em questão, sendo estas livros, artigos científicos e dissertações de autores que contribuíram para a literatura existente sobre *Lean Manufacturing*, dando sempre que possível prioridade às obras com data de publicação mais recente.

Na fase de análise e diagnóstico, o propósito é descrever o estado atual do sistema através de indicadores de desempenho como produtividade, qualidade, inputs e outputs, capacidade e eficiência. Esta análise permitirá uma melhor perceção das oportunidades de melhoria.

Após a identificação dos problemas segue-se a fase do planeamento de ações. Esta fase consiste na delineação de propostas que visam a resolução das situações problemáticas expostas.

A etapa seguinte é a implementação das propostas de melhoria expostas na fase anterior, seguindo-se a avaliação dos resultados, etapa em que se comparam as situações (antes e depois da implementação das propostas) e são retiradas ilações acerca dos benefícios alcançados.

Por último, na fase de especificação de aprendizagem apresentam-se considerações sobre o trabalho futuro que pode ser realizado tendo em vista a política de melhoria contínua da empresa.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação divide-se em sete capítulos, sendo que no capítulo inicial se faz uma introdução ao projeto, através de um breve enquadramento temático, da definição de objetivos

e da metodologia usada. Será apresentada também a estrutura geral da dissertação, assim como uma breve abordagem ao que será tratado em cada capítulo.

No segundo capítulo será feita uma revisão da literatura sobre o tema *Lean Manufacturing*, em que será abordada a origem do conceito, os seus princípios e as principais técnicas e ferramentas, com especial ênfase nas de maior relevância para a tese. Também neste capítulo será exposto um caso de sucesso da implementação da metodologia *Lean* a nível nacional.

O terceiro capítulo diz respeito à apresentação da empresa, onde são mostrados alguns dados relativos à organização a nível global e a nível nacional. As informações expostas servem para descrever a dimensão da empresa, uma multinacional da indústria automóvel, e conhecer os principais produtos e clientes. É feita uma breve descrição das secções principais da unidade produtiva de Braga, local onde se realizou a dissertação, com maior enfoque nas secções de montagem final.

No quarto capítulo descreve-se e analisa-se criticamente a situação inicial do sistema através de observações diretas no chão-de-fábrica. São descritas as células de *sub-assembly* e as linhas de montagem final, assim como são expostos os principais problemas, nomeadamente, o problema de qualidade nas blendas.

O capítulo cinco diz respeito à industrialização de um produto descrevendo-se todas as etapas necessárias para atingir este objetivo.

O sexto capítulo refere as propostas de melhoria, que são sugestões de resolução perante as situações problemáticas encontradas.

No sétimo capítulo avaliam-se os impactos da implementação das propostas apresentadas no capítulo anterior comparando os indicadores de desempenho antes e depois da introdução das melhorias.

Por fim, no capítulo oito tecem-se as considerações finais acerca do projeto e deixam-se sugestões relativamente ao trabalho futuro.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No presente capítulo realizar-se-á uma revisão bibliográfica sobre a metodologia *Lean Manufacturing* em que será abordada a sua origem, os princípios que a caracterizam e as ferramentas fundamentais, bem como os pilares essenciais do *Toyota Production System* (TPS), o *Jidoka* e o *Just In Time* (JIT).

2.1 *Lean Manufacturing*

O conceito *Lean*, embora tenha surgido com a Toyota só se popularizou com o livro “*The Machine that Changed the World*” de Womack, Jones e Roos (1990). Neste livro são apresentados vários estudos em que são comparados os diversos sistemas de produção da indústria automóvel, concluindo-se que o TPS, sistema de produção usado na fábrica de automóveis japonesa Toyota, era o que apresentava o melhor desempenho (Ohno, 1988).

O TPS foi progredindo e tornando-se cada vez melhor, tendo-se difundido por muitas empresas a nível global e sendo reconhecido, atualmente, por *Lean Manufacturing*.

Apesar da existência de um número considerável de publicações sobre a metodologia *Lean*, não há um consenso geral no que diz respeito à sua definição, variando de autor para autor.

Uma abordagem é a de que é um sistema sócio-técnico integrado que se caracteriza por identificar e eliminar todos os desperdícios da cadeia de valor de uma organização e minimizar consistentemente a variabilidade interna e entre cliente-fornecedor (Shah & Ward, 2007).

De facto, o *Lean Manufacturing* acredita que os clientes apenas vão pagar pelo valor dos produtos/serviços que recebem e não pelos erros cometidos, pelo que todas as partes (cliente, fornecedor e empresa) ficam a ganhar quando criam soluções *Lean* em conjunto (Rawabdeh, 2005; Womack, 2005).

A metodologia *Lean* torna as organizações capazes de atingir melhorias de eficiência e qualidade através de reduções de custo, tempo utilizado e esforço humano (Erdogan & Sezen, 2009).

Apesar das diversas definições que cada autor apresenta, há um ponto em que todos os autores parecem convergir: fazer mais com menos (Jabbour, Jabbour, Teixeira, Freitas, & Souza, 2010).

2.2 Sistema Toyota da Produção

O *Toyota Production System* surgiu de uma necessidade causada pela destruição e escassez de recursos em que se encontrava o Japão no final da Segunda Guerra Mundial. Foi nesta altura que Toyoda Kiichiro, presidente da Toyota Motor Company, decidiu aprender com a produção em massa executada nos Estados Unidos da América que assentava na produção de lotes elevados que conduziriam a grandes eficiências. Revelando a capacidade de perceber o contexto em que o seu país se encontrava, rapidamente percebeu que a adoção do método americano não resultaria no caso do Japão, uma vez que a procura era substancialmente menor, o que faria com que o produto acabado em *stock* aumentasse (Holweg, 2007). Surge assim uma abordagem alternativa à tradicional produção em massa, denominada *Toyota Production System*.

A origem do TPS é atribuída ao engenheiro Taiichi Ohno, que estabeleceu como base do sistema a redução de custos através da eliminação de todo e qualquer tipo de desperdício, afirmando que “*Costs do not exist to be calculated. Costs exist to be reduced*” (Ohno, 1988).

Esta filosofia de gestão permite a produção de artigos com mais qualidade, menores custos e menores tempos de entrega tendo em vista a erradicação das atividades que não acrescentam qualquer tipo de valor, ou seja, os desperdícios (Lander & Liker, 2007).

Um fator diferenciador da filosofia quando comparada com outros sistemas de produção é a determinação das margens de lucro. Em vez de ser o produtor a definir o preço, é o cliente, sendo que o lucro será igual ao preço de venda menos os custos, daí o objetivo principal do TPS ser a redução de custos e não o aumento do preço de venda (Ohno, 1988).

O envolvimento dos trabalhadores e o aproveitamento total das suas capacidades é uma das bases do TPS, defendendo que através da adoção de um sistema descentralizado de resolução de problemas, os trabalhadores sentem-se motivados a envolverem-se no processo de melhoria (Rajesh, 2008).

Frequentemente representada como uma “casa” (Figura 1), esta metodologia assenta em diversos princípios de onde se destacam dois pilares fundamentais: *Just-In-Time* e *Jidoka*.

A representação da filosofia TPS fazendo alusão a uma “casa” com pilares é propositada e significa que, tal como não se pode começar a construir uma casa pelo telhado também não é possível aplicar a metodologia sem em primeiro lugar construir as bases, isto é, os pilares JIT e *Jidoka* (Liker, 2004).

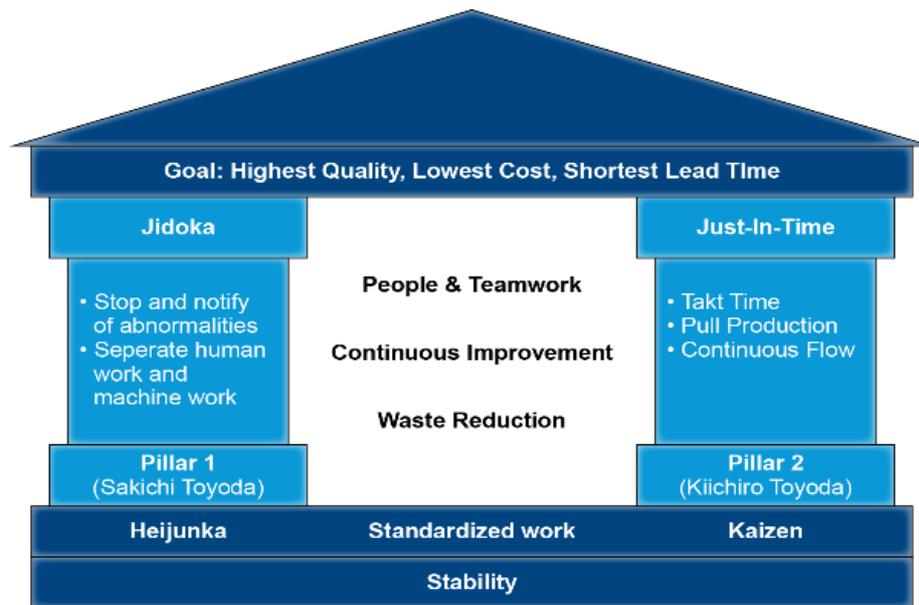


Figura 1 - Casa do TPS (Rosing, Scheel, & Scheer, 2015)

2.2.1 *Just In Time* (JIT)

O primeiro pilar da casa TPS é o *Just-In-Time*, que se caracteriza por produzir apenas no momento necessário e na quantidade requerida, evitando assim a existência de inventários e a entrega tardia ou antecipada, caso não se consiga corresponder ao prazo estipulado pelo cliente (Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa, 1977).

A implementação do JIT requer que o sistema produtivo possua uma série de requisitos:

- fluxo contínuo de materiais e informação;
- proximidade entre o tempo de ciclo e o *takt-time*;
- sistema tipo *pull*;
- *one-piece-flow*;
- elevada fiabilidade das máquinas e equipamentos;
- *layout* eficaz;
- operações normalizadas.

O tempo de ciclo é o intervalo de tempo entre dois produtos consecutivos e é determinado pelo tempo da tarefa mais lenta da sequência de fabrico desse produto. Desta forma, o tempo de ciclo indica de quanto em quanto tempo o sistema produtivo é capaz de fornecer um produto (Pinto, 2009).

Por outro lado, o *takt-time*, palavra de origem alemã e amplamente utilizada no universo empresarial, determina o ritmo a que o mercado solicita um produto, daí a necessidade de sincronizar o tempo de ciclo com o *takt-time* (Monden, 2011).

A expressão abaixo representa a fórmula que relaciona o tempo de produção disponível e a procura do cliente.

$$T_T = \frac{T_D}{P} * 3600 \quad (1)$$

Onde:

T_T – *Takt time* [seg./unidade]

T_D – *Tempo diário disponível para produção* [horas]

P – *Procura diária do cliente* [unidades]

Após o cálculo do *takt-time* o passo seguinte é a organização, balanceamento e planeamento da produção no sistema produtivo de acordo com o ritmo exigido pelo cliente, ou seja, a transformação do sistema produtivo num sistema do tipo *pull* em que só se dá início à produção após o cliente realizar a encomenda (Bell, 2005).

O conceito *one-piece-flow* é um fluxo peça a peça em que existe um inventário mínimo intermédio (*WIP-Work In Process*) e consiste na movimentação de uma peça entre as diferentes etapas do processo como representado na Figura 2.

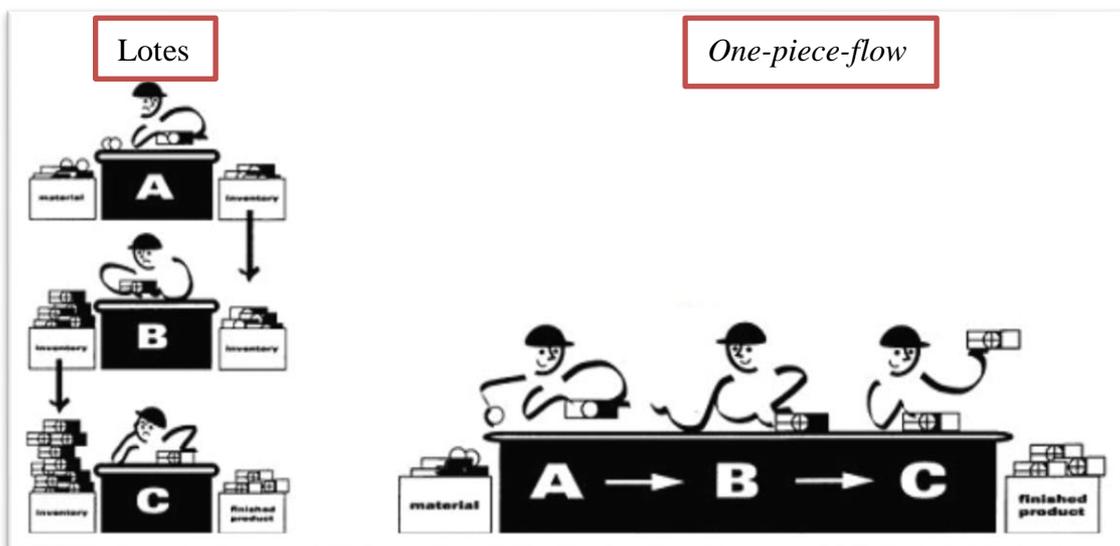


Figura 2 - Produção por lotes vs *One-piece-flow* (Madhan, 2015)

Entre as vantagens do *one-piece-flow* encontra-se a identificação imediata de defeitos e a localização da sua origem (Sundar, Balaji, & Satheesh Kumar, 2014).

A fiabilidade das máquinas e equipamentos é um fator a considerar, pois não é possível adotar a metodologia JIT se a maquinaria estiver constantemente a falhar e a apresentar problemas

de qualidade. A introdução do *Total Productive Maintenance* (TPM), abordado na secção 2.5.6, é uma medida que garante que as quebras dos equipamentos não afetam o fluxo contínuo, característico do JIT, minimizando o impacto de todas as paragens nos processos.

A definição do *layout* ideal adquire uma importância relevante no fluxo de materiais do sistema, apresentando algumas vantagens como por exemplo, menor congestionamento nos postos de trabalhos devido ao menor WIP, menor perda de tempo e diminuição dos custos com o manuseio e transporte de materiais e melhor utilização dos espaços e dos recursos humanos.

A aplicação do *standard work* permite saber exatamente o modo de execução de cada operação e, conseqüentemente, o *output* originado, o que é necessário na metodologia JIT.

Segundo Singh e Ahuja (2012), a conjugação dos requisitos acima enumerados traduz-se em várias vantagens, destacando-se as seguintes:

- redução da quantidade e dos custos de inventário;
- redução do espaço necessário;
- redução do lead time;
- deteção mais rápida de defeitos.

2.2.2 *Jidoka*

O termo *Jidoka* ou *Autonomation* representa o segundo pilar da casa TPS, tendo o conceito surgido pela mão de Sakichi Toyoda quando, em 1926, o mesmo desenvolveu um tear automático que cessava a atividade se detetasse o rompimento de qualquer fio (Holweg, 2007; Ohno, 1988).

Jidoka define-se pela capacidade de um equipamento ou máquina conseguir detetar num determinado produto a existência de um desvio em relação ao *standard* e interromper automaticamente a produção, eliminando assim a necessidade de monitorização contínua do processo por parte de um operador e a produção de produtos com defeito (Jabbour et al., 2010).

O conceito não é aplicável exclusivamente a máquinas, estendendo-se também a processos manuais, o que significa que o operador, tal como a máquina, deve parar a produção caso se depare com alguma anomalia.

A rápida deteção e eliminação dos defeitos impede a propagação de produtos defeituosos para as operações posteriores, possibilitando a identificação e a eliminação das causas que originam os defeitos. Adicionalmente, ao detetar-se a origem das não conformidades surge a

oportunidade de evitar que se verifiquem novamente os mesmos defeitos, uma vez que já foram erradicados anteriormente (Sugimori et al., 1977).

Segundo Grout e Toussaint (2010) pode-se afirmar que existem cinco passos essenciais para a implementação de *Jidoka*:

1. Detecção da falha/não conformidade;
2. Interrupção do processo;
3. Correção do problema identificado;
4. Investigação da causa-raiz;
5. Estabelecimento de medidas para que não hajam reincidências de defeitos.

Os dois passos iniciais podem ser totalmente automatizados, enquanto que os restantes já exigem a intervenção de recursos humanos e a aplicação de ferramentas de diagnóstico, análise e resolução de problemas.

Ferramentas como a gestão visual e *poka-yoke* são indispensáveis para a implementação bem sucedida de *Jidoka*, cujas principais vantagens são: o aumento da produtividade e da qualidade e a identificação e eliminação de desperdícios (Sugimori et al., 1977).

2.3 Princípios da metodologia *Lean Manufacturing*

A filosofia *Lean* assenta em cinco princípios básicos de acordo com Womack e Jones, sendo eles: Definição do Valor, Identificação da Cadeia de Valor, Estabelecimento de um Fluxo Contínuo, Adoção do Sistema *Pull* e Busca pela Perfeição (Womack & Jones, 1996). O objetivo primordial destes princípios é a eliminação de todos os desperdícios e o entendimento de cada um deles é essencial para que a implementação da metodologia seja bem sucedida. Os princípios acima enumerados e definidos nos parágrafos seguintes não se limitam a um caso em particular, podendo ser aplicados a qualquer empresa independentemente da área de negócio.

O primeiro passo para a introdução da filosofia *Lean* é a definição do **Valor**, mas do ponto de vista do cliente final e não da empresa que fornece um determinado produto ou serviço. O Valor só tem valor quando representado em termos de um produto ou serviço que atenda às exigências do cliente, a um determinado preço e numa determinada altura, isto é, a empresa tem de saber exatamente quais as necessidades/requisitos do cliente e que quantia este está disposto a pagar por isso, daí a comunicação constante com o cliente ser um fator importantíssimo (Pinto, 2010).

O passo seguinte é a identificação da **Cadeia de Valor**, identificando todas as atividades necessárias para transformar a matéria prima no produto final que o cliente procura, tendo em consideração que existem atividades de valor acrescentado e atividades que não acrescentam valor nenhum ao produto, isto é, desperdícios. O objetivo passa por eliminar desperdícios, ou seja, excluir o máximo de atividades que não acrescentam valor ao produto. Segue-se a diferenciação entre os dois tipos de atividades expostas acima:

- Atividades que acrescentam valor: definem as atividades que de alguma forma modificam fisicamente o produto ou adicionam alguma funcionalidade, isto é, contribuem para a transformação num estado mais completo e que, do ponto de vista do cliente, torna o produto mais valioso, estando o cliente disposto a pagar mais por isso (Carreira, 2005; Wilson, 2010).
- Atividades que não acrescentam valor: denominam-se assim as atividades que consomem tempo, mão de obra, recursos e chão de fábrica, mas que não alteram fisicamente o produto nem aumentam o seu valor. (Carreira, 2005)

Normalmente, estas atividades consideradas desperdícios, representam 95% do tempo total produtivo das empresas (Liker, 2004). Estas atividades podem ser desagregadas em dois tipos:

- Atividades necessárias (desperdício indispensável): tal como o próprio nome indica, embora estas atividades não acrescentem valor ao produto na perspetiva do cliente final, têm de ser realizadas pois são essenciais para o processo. Não podem ser eliminadas devido a limitações tecnológicas, questões inerentes ao processo de produção, por exemplo falta de robustez do processo, e ainda por terem de respeitar regulamentos e leis (Pinto, 2010).
- Atividades desnecessárias (desperdício dispensável): contrariamente às atividades descritas no ponto anterior, estas são consideradas puro desperdício, uma vez que não acrescentam nenhum valor ao produto e são totalmente descartáveis (Pinto, 2010).

O terceiro princípio é o de **Fluxo Contínuo** que, segundo (Carreira, 2005), no seu estado ideal significa uma sequência ininterrupta de atividades sem tempos de espera, inventários ou retrocessos. O conceito é ilustrado na Figura 3 abaixo.

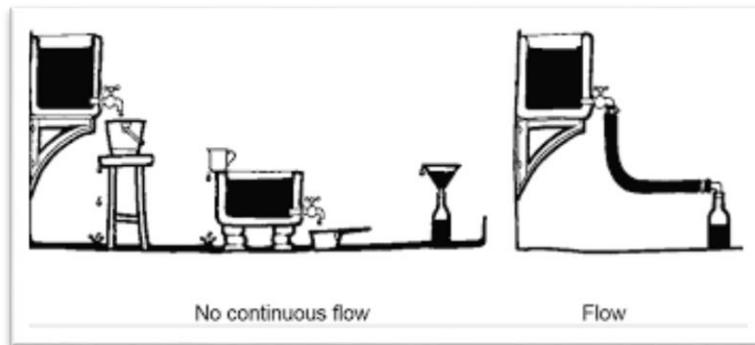


Figura 3 - Fluxo contínuo vs descontínuo (Industry forum, 2017)

O conceito **Pull** ou produção puxada (Figura 4) implica que os artigos sejam produzidos no prazo pretendido e não antes, o que faz com que este sistema seja baseado em pedidos de clientes e não na previsão de encomendas. Assim, cada processo “puxa” os recursos do processo imediatamente anterior de acordo com as necessidades minimizando os inventários intermédios e, conseqüentemente, valorizando o produto (Carreira, 2005).

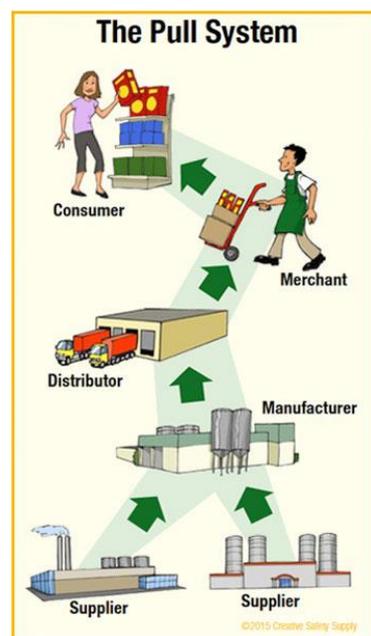


Figura 4 - Sistema pull (Creative Safety Supply, 2017)

Por fim, tem-se a **Busca pela Perfeição** como o quinto e último, mas não menos importante, princípio *Lean*. Perfeição não significa simplesmente qualidade, mas sim uma conjugação de fatores baseados na melhoria contínua (*Kaizen*), abordado na secção 2.5.4. Perfeição é produzir exatamente o que o cliente exigiu, no prazo estabelecido, ao preço acordado e com o mínimo de desperdício possível (Womack & Jones, 1996).

2.4 Tipos de desperdícios

O primeiro dos sete desperdícios identificados por Ohno é a **sobreprodução**, definindo-se o excesso de produção (Figura 5), como o fabrico antecipado ou em quantidades superiores em relação ao especificado pelo cliente (Ohno, 1988). Este desperdício é considerado por Ohno como o pior dos desperdícios, “*There is no waste in business more terrible than overproduction*” (Ohno, 1988). É conotado como o pior dos desperdícios uma vez que a sobreprodução origina outros desperdícios, tais como: movimentação de recursos e mão de obra, necessidade de inventário e esperas. A introdução de sistemas *kanban*¹ é uma medida que pode surtir efeito positivo na minimização deste desperdício (Berg & Ohlsson, 2005).

O próximo desperdício diz respeito aos **tempos de espera** dos recursos produtivos (Figura 5), quer sejam eles, materiais, mão de obra, informação, equipamentos ou ferramentas. Estas esperas desnecessárias podem ser provocadas pela existência de linhas desbalanceadas, a não alocação de máquinas para a produção (mau planeamento), tempos de *setup* demasiado longos, quebras ou atrasos no fornecimento de material e ainda sobredimensionamento da mão de obra ou maquinaria realmente necessária (Dailey, 2003).

A existência de processos desnecessários, denominados de **sobreprocessamento** (Figura 5), refere-se a todas as etapas produtivas que não agregam valor ao produto, ou que apesar de adicionarem valor ao produto não o fazem da melhor maneira, quer sejam realizadas por mão de obra humana ou máquina. São operações adicionais que, por um lado não acrescentam nenhuma melhoria de qualidade ao produto ou, por outro, adicionam qualidade em demasia e que o cliente não está disposto a pagar (Pinto, 2010). A origem destas operações extra pode ser devida a uma má comunicação com o cliente, nomeadamente, na perceção das especificações pretendidas, o que, conseqüentemente, se traduz na definição errada de Valor do ponto de vista do cliente (El-Namrouty, 2013). Por outro lado, a utilização indevida de máquinas ou ferramentas desapropriadas para a operação em causa, pode causar erros de processamento, levando a que a peça tenha de ser retrabalhada (Bell, 2005).

O 4º desperdício, a existência de **inventário** (excesso de *stock*) (Figura 5), traduz-se na presença não planeada de matérias primas, *Work In Process* (WIP) ou produto final (Bell, 2005). As razões para a existência deste excesso de *stock* podem ser várias, tais como: elevado *lead time*, excesso de produção, ausência de comunicação entre departamentos, nomeadamente, na quantidade de matérias necessárias para a produção e ainda falta de

¹ Sistema de abastecimento e controlo de *stocks*

planeamento da produção. As consequências da existência de inventário acarretam custos para a empresa, sendo elas a ocupação de área fabril (espaço ocupado desnecessariamente e que caso seja alugado ainda agrava o custo deste desperdício) e o risco de não obter retorno do capital investido, pois existe a possibilidade de o inventário se tornar obsoleto (Melton, Jones, & Roos, 2005).

Seguem-se as **movimentações** de pessoas e informações (Figura 5), cujo contributo é nulo para a valorização do produto final (Melton et al., 2005). A movimentação excessiva dos operadores relaciona-se diretamente com a disposição dos materiais e ferramentas no posto e com o tempo despendido na procura desses recursos. De referir que um ambiente de trabalho desorganizado, assim como um planeamento deficiente do espaço fabril e, ainda, a existência de instruções de trabalho desatualizadas ou pouco explícitas, podem originar interrupções no fluxo das atividades (Dailey, 2003; Melton et al., 2005). O reajuste do *layout* e a implementação de 5S são medidas que podem minimizar os movimentos executados.

O **transporte** de materiais e ferramentas é considerado um desperdício, acentuando-se o seu impacto negativo quando os recursos são transportados para locais errados ou quando não é realizado da forma mais eficiente (Figura 5), (Bell, 2005). Fatores como um *layout* desadequado ou rotas mal planeadas contribuem para que seja necessário percorrer distâncias maiores, o que não é desejável (Dailey, 2003). O transporte de recursos no chão de fábrica é fundamental, mas torna-se essencial minimizar o tempo gasto com estas atividades que não acrescentam valor ao produto final.

O aparecimento de produtos não conformes, **defeitos**, durante o processo produtivo faz com que seja necessário realizar um retrabalho (Figura 5), o que origina desperdícios com mão de obra, materiais e tempo gasto com a reparação do produto defeituoso (Bell, 2005). Por outro lado, existem casos em que não é possível retrabalhar o produto e este é considerado refugo, o que significa que todos os recursos consumidos são desperdiçados. O aparecimento de uma anomalia num produto obriga a que se aloquem operadores e se gastem mais materiais do que os planeados inicialmente para retrabalhar o defeito, o que faz com que a empresa incorra em custos extra desnecessários. “Qualidade é fazer bem à primeira” - para esta afirmação célebre de Crosby, (1979) se tornar uma realidade é necessário adotar medidas de prevenção e planeamento, como a formação dos operadores, o controlo dos processos e a implementação de dispositivos *poka-yoke*, em vez de medidas corretivas (Bell, 2005).

Adicionalmente aos sete desperdícios identificados inicialmente por Ohno, atualmente existem autores que acrescentam outro desperdício, o do não aproveitamento do **talento humano** (Figura 5).



Figura 5 - Os 8 desperdícios (Lean Ergonomics,2017)

Representa o desaproveitamento das capacidades e do conhecimento dos funcionários e na exclusão dos mesmos na resolução de problemas (Bell, 2005). A interação com os operadores e a consequente aprendizagem absorvida de erros/problemas que surgiram anteriormente faz com que no futuro seja possível evitá-los.

2.5 Técnicas e ferramentas *Lean Manufacturing*

Neste capítulo irão ser apresentadas as principais técnicas e ferramentas *Lean* de acordo com os principais autores, sendo aprofundadas aquelas que tiverem particular relevância para a tese, entre elas os sistemas *Poka-Yoke*, 5S, trabalho normalizado e gestão visual.

2.5.1 Dispositivos de prevenção do erro

Os sistemas de deteção de erros, denominados de sistemas *poka-yoke*, criados por Shingo estão intimamente relacionados com o *Toyota Production System*, mais concretamente com um dos pilares do TPS, *Jidoka*.

A palavra *poka-yoke* é de origem japonesa e traduz-se como “à prova de erros” surgindo como sistemas simples e económicos capazes de evitar a ocorrência de não conformidades (Ghinato, 1995).

Usualmente denominado como “mecanismo à prova de falhas”, o *poka-yoke* é uma ferramenta capaz de impedir a execução errada de uma operação e de impossibilitar a continuação de um produto para a operação seguinte (Pinto, 2009).

Um dos casos de implementação de *poka-yoke* mais conhecido é o exemplo dado pelo próprio criador da ferramenta, Shigeo Shingo, que exercia funções de engenheiro na Toyota. Devido às constantes reclamações, por parte do cliente, relativas à falta de uma mola nos interruptores

– o que não permitia o seu correto funcionamento – Shingo tomou medidas. Decidiu que todos os componentes do interruptor deviam ser colocados num prato antes de se iniciar a montagem. Assim, se no final da montagem estivessem peças em cima do prato algo não tinha corrido bem e o produto não seguia para o processo seguinte (Consul, 2015).

De acordo com Shingo (1989), tendo em conta o seu propósito, função ou técnicas utilizadas, os sistemas de deteção de erros podem ser divididos em dois métodos:

- **Controlo**: neste método, o funcionamento da máquina é interrompido quando é detetada alguma anomalia, impedindo que a máquina continue a produzir peças erradas e que as mesmas prossigam no fluxo produtivo. No entanto, quando ocorrem apenas erros isolados não é necessário paralisar completamente a máquina, podendo-se dar continuidade à produção, com a condição de diferenciar a peça defeituosa das conformes e corrigi-la mais à frente;
- **Advertência**: contrariamente ao sistema anterior, este sistema não interrompe a produção, mas ativa sinais luminosos e sonoros que alertam o operador para alguma anormalidade que ocorreu. Neste tipo de *poka-yoke* o papel do trabalhador adquire uma grande importância, pois caso não se aperceba do sinal efetuado pelo sistema irão surgir peças defeituosas em operações posteriores.

Após a divisão dos sistemas de acordo com a sua função, pode ainda fazer-se uma classificação em tipos de dispositivos (Figura 6), abordagem proposta por Monden (1995):

- **Contacto**: identifica anormalidades relacionadas com a forma ou a dimensão do produto, existindo contacto entre o dispositivo e o produto;
- **Conjunto**: caracteriza-se por inspecionar se um dado número de movimentos ocorre em determinada operação;
- **Etapas**: determina se um determinado conjunto de atividades pré-estabelecidas (*standard*) é cumprido.

Como é perceptível pela descrição dos dois métodos de *poka-yoke* realizada acima, os sistemas do tipo “Controlo” revelam-se mais eficientes do que os do tipo “Advertência”. Isto deve-se ao facto de os sistemas de Advertência dependerem da ação do operador, devendo-se, por isso, dar preferência ao método “Controlo” em detrimento do método “Advertência”.

A possibilidade de detetar erros mais rapidamente, proporcionada pelos sistemas *poka-yoke*, permite que nem todos os erros se tornem defeitos, uma vez que são detetados antecipadamente e, desta forma, é possível corrigi-los.

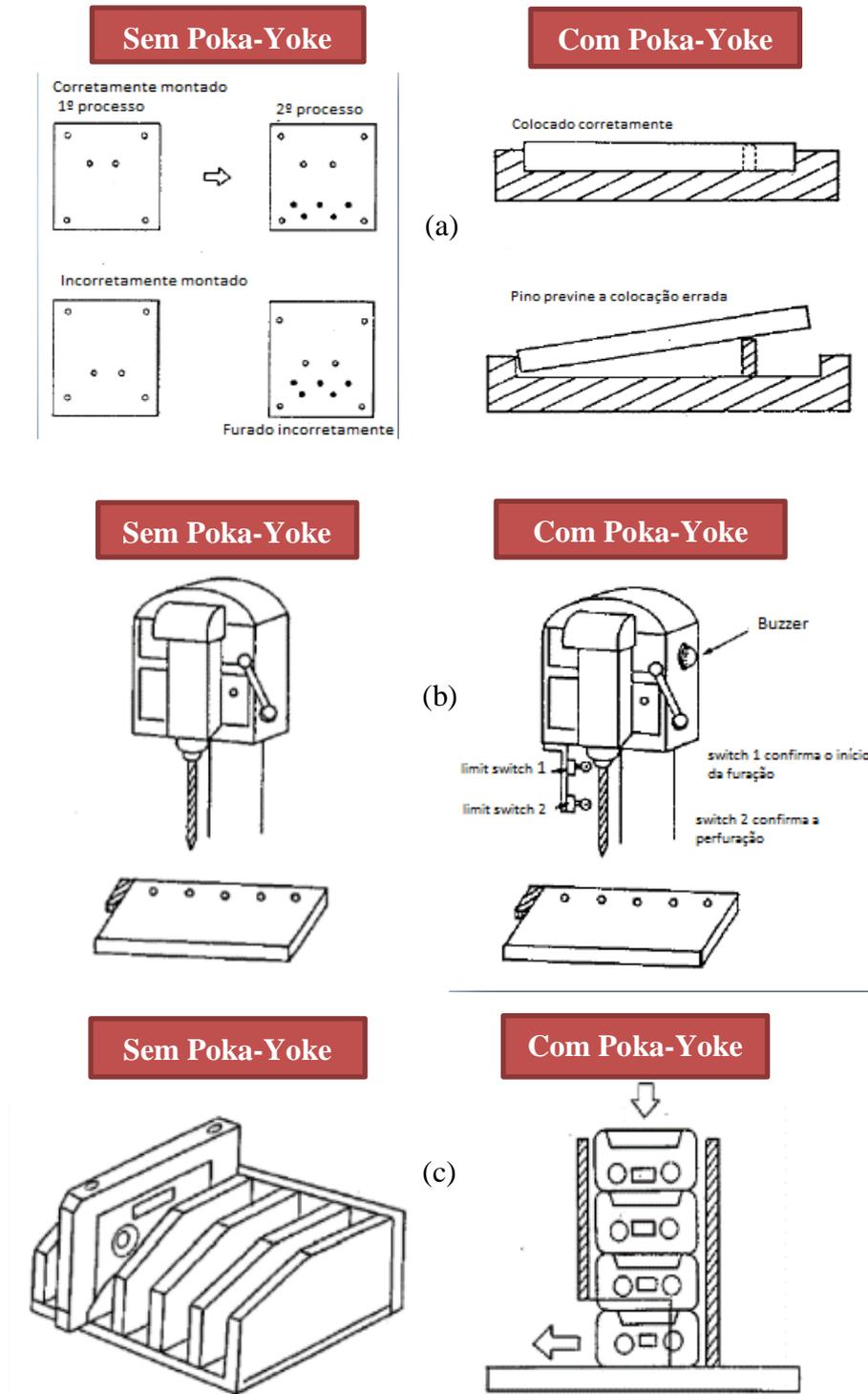


Figura 6 - Exemplos de poka-yoke: (a) contacto (b) conjunto (c) etapas (Shimbun, 1988)

A introdução dos sistemas descritos e apresentados anteriormente pressupõem o seguimento de alguns passos propostos por Shingo (1996) e abaixo enumerados:

1. Conhecimento específico da falha a evitar;
2. Determinar as causas que provocam a ocorrência dos erros;
3. Definir possíveis soluções para a resolução do problema;
4. Comprovar a eficácia da solução adotada;
5. Implementar a solução.

2.5.2 5S

Esta técnica *Lean* de origem japonesa caracteriza-se por ser uma ferramenta simples, aplicável em praticamente todos os contextos e cujo principal objetivo é a organização do local de trabalho num ambiente limpo, eficiente e seguro, propício para a melhoria da produtividade, da gestão visual e do *standard work* (Ghodrati & Zulkifli, 2013; Osada 1991).

A designação 5S deve-se às iniciais de cinco palavras japonesas: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*, que representam as várias etapas de implementação da ferramenta, (Figura 7).



Figura 7 - Etapas da ferramenta 5S (Clients First, 2017)

Segue-se a definição de cada um dos passos presentes na Figura 7, de acordo com Kumar (2012):

- **Seiri (Sort)** – significa arrumação, é neste momento que se realiza uma divisão entre os materiais necessários e os dispensáveis. Após a triagem dos materiais e de se ter apenas os imprescindíveis, é altura de rejeitar toda a quantidade que não é absolutamente essencial;
- **Seiton (Stabilize)** – nesta segunda etapa faz-se a organização dos materiais triados tendo em consideração a frequência do seu uso, sendo que a distância do material em relação ao operador será tanto maior quanto menor for a frequência do seu uso. O objetivo é tornar o posto o mais funcional possível;
- **Seiso (Shine)** – baseia-se na realização de uma limpeza dos postos de trabalho e das instalações em geral, o que facilita a deteção de anomalias. A limpeza frequente é também uma forma de inspecionar o estado dos equipamentos e das ferramentas, o que pode denunciar situações de desgaste e que necessitem de manutenção;
- **Seiketsu (Standardize)** – o quarto “S” pode ser visto de duas perspetivas distintas. Por um lado, pode ser interpretado como a aplicação de medidas que visam a melhoria do bem-estar e saúde dos trabalhadores através da melhoria das condições ambientais e sanitárias do local de trabalho. Outra perspetiva é a de criar um *standard* para os processos e garantir que o mesmo é cumprido, tendo em vista a melhoria contínua;
- **Shitsuke (Sustain)** – o último passo consiste em assegurar a implementação do que foi feito nos quatro “S” anteriores, garantindo em simultâneo que as normas de segurança e padrões da empresa são respeitadas.

Mais do que alterar fisicamente os locais de trabalho promovendo um ambiente mais organizado e limpo, o propósito principal da ferramenta é o de sensibilizar as pessoas para a eliminação de desperdícios. Esta sensibilização tem de ser um processo contínuo e progressivo, uma vez que implica mudanças nas pessoas a nível cultural e, tal como dizia Hirano, “*Good workplaces develop beginning with the 5S. Bad workplaces fall apart beginning with the 5S*” (Hirano, 1995; Liker, 2004).

2.5.3 Trabalho normalizado

Segundo Ohno, o trabalho normalizado (*Standard Work*) é a base para a aplicação de *Kaizen* ou melhoria contínua– “*Where there is no standard, there can be no improvement*” - pois

trata-se de uma ferramenta que através da documentação das melhores práticas, dota os processos de maior estabilidade e consistência (Ohno, 1988).

É uma ferramenta básica para a implementação da melhoria contínua que visa normalizar o modo como as operações são executadas através da utilização dos melhores métodos e sequência de processos, sendo uma mais-valia na formação dos trabalhadores (Berger, 1997).

O *Standard Work* engloba três elementos principais (Monden, 2011):

- **Tempo de ciclo normalizado** – o tempo de produção de um produto desde o início do processo até ao final deve corresponder à procura do cliente;
- **Sequência de processos normalizada** – diz respeito ao conjunto de operações que quando em sequência traduzem-se na melhor maneira, mais rápida e segura, de produzir determinado produto;
- **WIP normalizado** – é a quantidade mínima necessária de inventário que garante o funcionamento da produção sem paragens e com um fluxo contínuo.

A aplicação de *Standard Work* tendo em consideração os três pontos definidos acima tem implicações positivas, tais como: a redução da variabilidade, dos tempos de ciclo e dos *lead times* uma vez que clarifica os processos e permite uma melhoria da performance a nível geral.

2.5.4 Melhoria contínua

Originalmente uma palavra japonesa, *Kaizen* é traduzida frequentemente como “mudança para melhor” e tem como objetivo a melhoria contínua através da eliminação de desperdícios (Ortiz, 2006).

O seu criador, Masaaki Imai, diz que: “*The message of the Kaizen strategy is that not a day should go by without some kind of improvement being made somewhere in the company*” (Imai, 1994).

Baseia-se na realização de pequenas melhorias diárias de reduzido custo monetário, envolvendo todos os trabalhadores e em todas as áreas. Segundo Rother e Shook (1999) tipicamente existem dois tipos de *Kaizen*:

- *Kaizen* de fluxo – foco no fluxo de valor e orientado pela alta administração;
- *Kaizen* de processo – incide sobre processos individuais e é dirigido por *team leaders* e equipas de trabalho.

Os processos de melhoria contínua que adotam *Kaizen* como filosofia podem usar o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check and Act*), (Figura 8), como ferramenta de orientação do processo. Este ciclo foi originalmente criado por Shewart, mas só mais tarde com Edwards Demming, o pai da Qualidade, é que se tornou mundialmente conhecido.

O ciclo PDCA (Figura 8) possui quatro etapas essenciais (Moen & Norman, 2009):

- **Plan** (Planear) – a fase inicial é dedicada ao planeamento, estabelecendo metas e objetivos a atingir de acordo com a missão e os valores da empresa;
- **Do** (Fazer) – etapa em que o plano delineado é colocado em prática e é seguido à risca para não comprometer as restantes etapas do ciclo. Fase em que todos os envolvidos no projeto de melhoria recebem formação e recolhem dados resultantes da execução do plano;
- **Check** (Verificar) – na terceira fase do ciclo verificam-se os dados recolhidos na fase anterior e faz-se uma comparação com o que era esperado inicialmente. A verificação deve ser realizada em simultâneo com a execução do plano, para a eventual necessidade de fazer pequenos ajustes e no final para se fazer uma análise mais detalhada;
- **Act/Adjust** (Atuar/Ajustar) – na última etapa do ciclo, o objetivo é implementar ações corretivas que permitam que quando se iniciar um novo ciclo não se cometam os mesmos erros e, desta forma, aperfeiçoar continuamente o projeto.

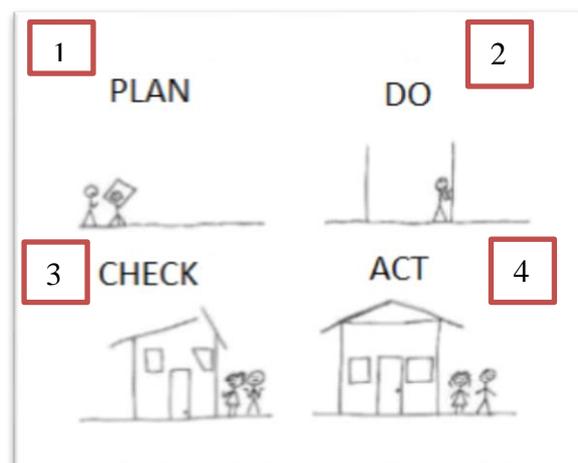


Figura 8 - Ciclo PDCA (Nouman, 2017)

2.5.5 Gestão visual

Um sistema de gestão visual é um sistema que recolhe informação de um processo real e transforma esses dados em informação mais valiosa sob a forma de KPIs (*Key Performance*

Indicator). O sistema disponibiliza a informação recolhida para que qualquer pessoa que entre no posto de trabalho, mesmo que não esteja familiarizada com os detalhes inerentes ao processo, possa rapidamente perceber o que está dentro dos valores esperados e o que está fora de controlo, isto é, a identificação do estado atual do trabalho (Wojakowski, 2013).

Os indicadores de desempenho (KPIs) mais usados na indústria estão relacionados com a produtividade e a qualidade. Os locais destinados a estas informações têm de ser facilmente visíveis, de modo a que os operadores, caso detetem alguma situação que não corresponda ao *standard* estabelecido, possam corrigir prontamente o que estiver errado (Murata & Katayama, 2010).

De acordo com Gifford (2007) podem-se classificar as ferramentas de gestão visual em vários tipos diferentes: as que fornecem informação (quadros informativos), as que assinalam algo fora do normal (quadros *Andon*²), as que limitam/controlam quantidades (cartões *kanban*) e as que garantem uma resposta (sistemas *poka-yoke*).

A gestão visual pode ser usada para clarificar, simplificar, enfatizar, sumarizar, reforçar uma ideia e unir e atrair pessoas em torno de uma causa (Bovee & Thill, 2005).

2.5.6 Manutenção produtiva total

O *Total Productive Maintenance* é uma metodologia de origem japonesa que serve de suporte aos sistemas *Lean Manufacturing*, visto que, fatores como a elevada fiabilidade e eficiência dos equipamentos são pré requisitos essenciais para a implementação do *Lean Manufacturing* nas organizações (Arai & Sekine, 1998).

Esta metodologia é uma abordagem inovadora à manutenção, que ambiciona otimizar a eficiência dos equipamentos, eliminar as paragens e promover a participação dos operadores nas tarefas diárias de manutenção (intervenção denominada de Manutenção Autónoma) envolvendo toda a força laboral com o objetivo de maximizar a eficácia do sistema produtivo no geral (Bhadury, 2000).

2.6 Medidas de desempenho

Os indicadores de desempenho ou KPI são uma ferramenta para avaliar o desempenho de um sistema produtivo. São um meio essencial para avaliar as diversas secções produtivas de uma empresa e assinalar as áreas que estão com um bom desempenho e as que, por outro lado, necessitam de melhorias.

² Sistema audiovisual que notifica imediatamente os operadores de problemas de qualidade do processo.

Smith (2007) definiu o termo KPI como uma medida do sucesso e conformidade do sistema produtivo. A utilização de KPIs adequados como uma ferramenta de medida do desempenho de um sistema produtivo, faz com que as empresas confiem nos métodos e ferramentas de produção implementadas para atingir as metas e objetivos estabelecidos (Haque & Moore, 2004). Os KPI devem ser escolhidos de acordo com os objetivos determinados pela empresa e devem ser quantificáveis (Bose, 2006).

2.6.1 Produtividade

A produtividade é uma medida de eficiência que relaciona o que se obtém com o que é necessário fornecer para se obter (Carvalho, 2008).

No contexto industrial, o termo produtividade pode ser definido como a razão entre a quantidade de artigos produzidos e os recursos gastos para obter essa quantidade.

Um dos recursos mais importantes e, por isso, utilizado mais frequentemente como indicador, é a mão de obra (Carvalho, 2008).

Assim, a produtividade pode ser representada como a relação entre o volume de artigos produzidos e as horas de mão de obra despendida para os alcançar.

$$P_r = \frac{P_{diária}}{T_D * n} \quad (2)$$

Onde:

P_r – Produtividade [uni./hora. homem]

$P_{diária}$ – Produção diária [unidades]

T_D – Tempo diário disponível para produção [horas]

n – nº de operadores

2.6.2 Taxa de produção

A taxa de produção ou cadência de produção é um indicador de desempenho que representa o ritmo de produção de um determinado artigo (Carvalho, 2006). Este KPI diz respeito à velocidade de processamento com que uma máquina/equipamento ou um posto de trabalho processa os artigos. Através da relação entre o volume de produção e o tempo disponível obtém-se a cadência de produção de um artigo (T_p) em unidades por hora, dada por:

$$T_p = \frac{P_{diária}}{T_D} \quad (3)$$

Onde:

$P_{diária}$ – Produção diária [unidades]

T_D – Tempo diário disponível para produção [horas]

2.6.3 Eficiência

A eficiência, E , é um indicador que relaciona os tempos de ciclo com o número de postos, avaliando desta forma a utilização, isto é, a eficiência de uma linha de produção, em percentagem.

$$E = \frac{\sum T_c}{T_s * N} * 100 \quad (4)$$

Onde:

T_c – Tempo de ciclo dos postos [seg.]

T_s – Tempo de ciclo do sistema [seg.]

N – nº de postos de trabalho

2.6.4 Índice de Planura

O Índice de Planura (I_p) é um indicador que mostra a distribuição do conteúdo de trabalho (*work content*) pelos diversos postos de uma linha de produção. A situação ideal será aquela em que o índice assume o valor de zero, o que significa que o conteúdo de trabalho está uniformemente dividido, ou seja, os postos estão completamente equilibrados apresentando todos o mesmo tempo de ciclo (Delphi, 2017). O Índice de Planura é dado por:

$$I_p = \sqrt{\sum (T_s - T_c)^2} \quad (5)$$

Onde:

T_s – Tempo de ciclo do sistema [seg.]

T_c – Tempo de ciclo dos postos [seg.]

2.6.5 Eficácia operacional

A Eficácia Operacional (OE) é um indicador bastante utilizado na Delphi, relaciona o tempo estimado para produzir uma determinada quantidade de um produto com o tempo real de processamento.

O objetivo é a Eficácia Operacional tomar o valor de 100%, o que significa que o tempo real de produção e o tempo de ciclo estimado coincidem (Delphi, 2017).

$$OE = \frac{T_c * P_{diária}}{T_R} * 100 \quad (6)$$

Onde:

T_c – Tempo de ciclo dos postos [seg.]

$P_{diária}$ – Produção diária [unidades]

T_R – Tempo real de produção [seg.]

2.6.6 *First Time Quality* (FTQ)

O indicador FTQ é utilizado na Delphi como uma medida que relaciona o número de peças rejeitadas num processo com o número de peças total, sendo frequentemente reportado em PPM (*Parts per million*). A expressão usada para o efeito é a apresentada a seguir (Delphi, 2017).

$$FTQ = \frac{P_{defeituosos}}{P_{total}} * 100 \quad (7)$$

Onde:

P_{total} – Produção total [unidades]

$P_{defeituosos}$ – Produtos não conformes [unidades]

2.6.7 Capacidade de produção

Entende-se por capacidade de produção como a capacidade máxima de processamento de um sistema produtivo num determinado período de tempo, funcionando o sistema com a cadência máxima de produção (Gaither & Frazier, 2002; Slack, Chambers & Johnston, 2002; Stevenson, 2001).

Para o cálculo das várias capacidades é importante clarificar qual é, efetivamente, o tempo real útil de produção que existe para a realização das operações. Na Figura 9 tem-se a relação entre os diversos tempos envolvidos nas tarefas.

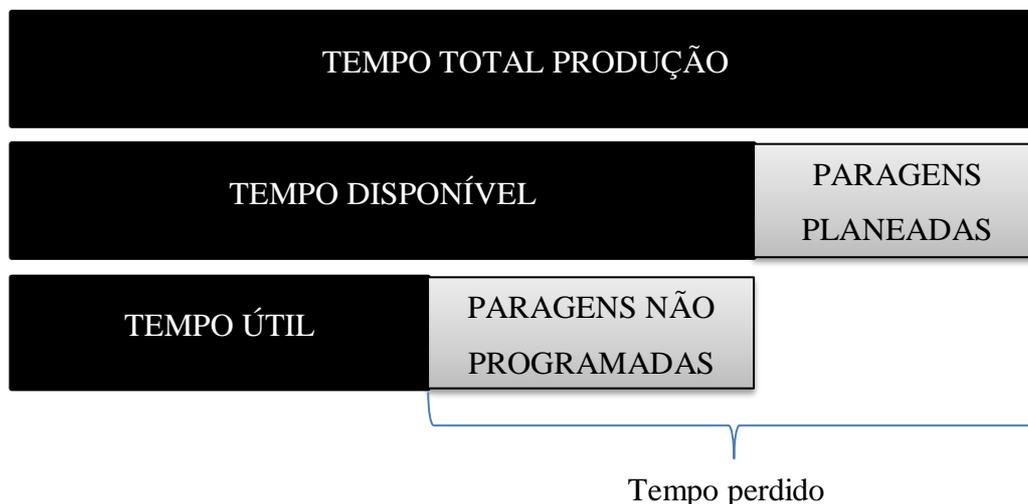


Figura 9 - Desagregação do tempo total de produção

As paragens planeadas pintadas a cinzento na Figura 9, dizem respeito a tempos gastos com pausas e intervalos definidos para os operadores, mudanças de turno, *setups* e manutenções planeadas.

Por outro lado, as paragens não programadas incluem avarias de equipamentos, atrasos no abastecimento de material, perdas de velocidade nos processos, entre outros, representado a cinzento na Figura 9.

Retirando estes tempos gastos com paragens, quer sejam planeadas ou não planeadas, obtém-se o tempo útil de produção e que será usado nos cálculos de capacidade.

O termo capacidade pode ser aprofundado em vários tipos de capacidade mais específicos e mais úteis para o planeamento de um sistema.

- **Capacidade instalada:** trata-se da capacidade máxima que uma empresa pode produzir caso trabalhe ininterruptamente vinte e quatro horas por dia, todos os dias do ano e sem qualquer tipo de paragens. É uma medida hipotética e praticamente impossível de alcançar, uma vez que existem sempre paragens necessárias de realizar.
- **Capacidade disponível:** C_D indica o tempo diário disponível para produção (em segundos) e é dado por:

$$C_D = T_{turno} * n_{turnos} * 3600 \quad (8)$$

Onde:

T_{turno} – Tempo do turno [horas/turno]

n_{turnos} – número de turnos[turnos/dia]

- **Capacidade efetiva:** C_E corresponde à capacidade disponível (em segundos) tendo em consideração as paragens planeadas e é dada pela expressão abaixo:

$$C_E = C_D - P_{planeadas} \quad (9)$$

Onde:

$P_{planeadas}$ – Paragens planeadas [seg./turno]

- **Capacidade realizada:** C_R é a capacidade (em segundos) que corresponde ao que realmente foi produzido, retirando à capacidade efetiva as paragens não planeadas. É dada por:

$$C_R = C_E - P_{n\grave{a}o\ planeadas} \quad (10)$$

Onde:

$P_{n\grave{a}o\ planeadas}$ – Paragens não planeadas [seg./turno]

Este tipo de capacidade também pode ser obtido relacionando a capacidade efetiva com a eficácia operacional.

$$C_R = C_E * OE \quad (11)$$

- **Capacidade esperada:** C_e diz respeito ao tempo necessário para produzir um determinado volume de um produto, tendo em conta o seu tempo de ciclo, e é dado por:

$$C_e = T_C * P_{diária} \quad (12)$$

Onde:

T_C – Tempo de ciclo dos postos [seg.]

$P_{diária}$ – Produção diária [unidades]

Um indicador adicional e importante na análise da capacidade é a utilização de um sistema (U), que relaciona a capacidade esperada com a realizada e é dado por:

$$U = \frac{C_e}{C_R} * 100 \quad (13)$$

2.7 Caso de sucesso da implementação do *Lean*

Neste subcapítulo irá ser feita uma abordagem sucinta a um caso empresarial em que a metodologia *Lean* foi introduzida com sucesso, expondo os diversos benefícios significativos para a organização.

A empresa de mobiliário portuguesa, Aquinos, S.A, com mais de 30 anos de história destaca-se pelo contínuo investimento em novas unidades fabris, equipamentos, formação dos operadores, desenvolvimento de novos produtos e pela preocupação crescente com os impactos ambientais e o bem-estar dos trabalhadores (Aquinos, 2017)

Os investimentos e iniciativas realizadas visam manter a organização na linha da frente do ramo do mobiliário tendo, para o efeito, realizado um projeto para reduzir desperdícios e aumentar a produtividade (Aquinos, 2017).

Na primeira etapa do projeto identificou-se o potencial para melhoria na empresa através de um diagnóstico ao seu sistema produtivo com recurso ao mapeamento do fluxo de valor (*Lean Management*, 2017).

Em seguida identificaram-se oportunidades de melhoria, nomeadamente, a existência de excesso de inventário, e postos de trabalho desorganizados e a ocuparem áreas de passagem, como visível na Figura 10.

Verificou-se a inexistência de um fluxo contínuo, sendo o fluxo interrompido entre os vários processos e um subaproveitamento da mão de obra disponível.



Figura 10 - (a) Desorganização do posto (b) Excesso de stock (*Lean Management*, 2017)

Após a exposição dos vários problemas, implementaram-se melhorias de modo a obter um fluxo contínuo, melhorar a organização geral do espaço fabril (reorganização do *layout*), reduzir *stocks* intermédios, aumentar a taxa de utilização dos operadores e reduzir os desperdícios com movimentações (*Lean Management*, 2017).

Para tal, aplicaram-se diversas ferramentas *Lean*, nomeadamente, 5S, gestão visual, trabalho normalizado e produção *pull*. Na Figura 11 estão ilustradas as alterações obtidas com as alterações no fluxo.



Figura 11 - Alterações no fluxo com o novo layout (*Lean Management*, 2017)

A Figura 12 ilustra as melhorias obtidas com a introdução das ferramentas e técnicas mencionadas anteriormente.



Figura 12 - (a) Aplicação de 5S (b) Marcações do *shop floor* (*Lean Management*, 2017)

A Tabela 1 demonstra que, quando bem implementados, os princípios *Lean* são uma ferramenta essencial na manutenção da competitividade das empresas, aumentando a produtividade e reduzindo os desperdícios.

Tabela 1 - Ganhos de produtividade com melhorias *Lean* (*Lean Management*, 2017)

Sofás	Aumento de produtividade
Modelo A	30%
Modelo B	43%
Modelo C	25%
Modelo D	9%

3 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo faz-se a apresentação da empresa onde se realizou o projeto de dissertação, a *Delphi Automotive Systems-Portugal S.A.* Inicialmente realizar-se-á uma breve apresentação do grupo Delphi a nível global, com o objetivo de demonstrar a dimensão do grupo e os principais segmentos em que está dividido. Serão apresentados os principais clientes e a gama de produtos existente. Proceder-se-á a uma abordagem mais pormenorizada à unidade produtiva situada em Braga, local onde o projeto de dissertação foi desenvolvido, em que será feita uma descrição sucinta das principais áreas produtivas e com maior relevância para a tese.

3.1 Grupo Delphi-perspetiva global

A fundação do grupo Delphi remonta ao ano de 1994 na cidade de Troy nos Estados Unidos da América sendo, atualmente, um dos principais fornecedores da indústria automóvel. O grupo abrange um leque alargado de atividades, organizando-se por isso em quatro segmentos produtivos distintos e representados na Figura 13.

Para se ter uma ideia da dimensão do grupo e da sua extensão a nível geográfico, a Delphi possui 126 unidades fabris e 15 grandes centros técnicos globais em mais de 30 países, contando com mais de 164 000 colaboradores.



Figura 13 - Segmentos produtivos da Delphi (Delphi, 2017)

3.2 Delphi Automotive Systems – Portugal

Em Portugal o grupo Delphi está representado em quatro localizações distintas, como se pode ver na Figura 14.



Figura 14 - Representação da Delphi em Portugal (Delphi, 2017)

O foco deste projeto será na unidade fabril situada em Braga, que se insere no segmento de *Electronics & Safety*, uma vez que é onde se desenvolverá a tese.

O complexo em Braga tem cerca de 33.000 m², conta com cerca de 700 colaboradores e possui um volume anual de vendas de aproximadamente 301 milhões de euros. Como se pode ver na Figura 15, as instalações da empresa em Braga dividem-se em quatro edifícios existindo duas áreas principais de produção, a de componentes eletrónicos e a de componentes plásticos. O edifício 1 dedica-se à produção de placas com componentes eletrónicos, enquanto que no edifício 2 são produzidos componentes plásticos. Os edifícios 3 e 4, de momento, são utilizados para o armazenamento de matéria prima.



Figura 15 - Complexo Delphi- Braga (Delphi, 2017)

A *Delphi Automotive Systems* – Portugal S.A. tem como principais clientes algumas das marcas de referência da indústria automóvel, representadas na Figura 16, o que faz com que tenha uma gama de produtos diversificada de acordo com as especificidades de cada cliente.



Figura 16 - Principais clientes Delphi (Delphi, 2017)

Os principais produtos podem ser inseridos em quatro categorias: autorrádios, sistemas de navegação, sistemas de receção e displays. Na Figura 17 estão representados alguns exemplos desses produtos.



Figura 17 - Exemplos dos principais produtos (Delphi, 2017)

3.3 Áreas de produção

No complexo em Braga existem duas áreas de produção distintas, a de produção de componentes plásticos, inserida no edifício 2, e a de produção de *Infotainment* (componentes eletrónicos), inserida no edifício 1. A primeira área é responsável pela produção dos

componentes plásticos (blendas e botões) e por fornecer os mesmos à área de componentes eletrónicos, funcionando exclusivamente como abastecedor da mesma. Serão apenas mencionadas as principais secções da área de plásticos, uma vez que a sua explicação detalhada não é relevante para a tese que será desenvolvida no edifício 1.

O departamento responsável pelo fabrico dos componentes plásticos divide-se em três secções: Injeção, Pintura e Montagem Final e na Figura 18 estão representados dois exemplos de blendas injetadas e pintadas no departamento dos plásticos.



Figura 18 - Produto acabado da área dos plásticos

A área de produção e montagem dos componentes eletrónicos é composta por três setores de produção:

- Montagem automática de componentes eletrónicos (SMT – *Surface Mount Technology*);
- Montagem manual de componentes eletrónicos (CBA – *Circuit Board Assembly*, também designada de *Sticklead*);
- Montagem final (FA - *Final Assembly*).

3.3.1 Montagem Automática de Componentes - SMT

A produção tem início na área de SMT com a programação de IC's (*Integrated Circuits*) num processo designado de *Offline Programming*, que consiste na programação da memória dos IC's antes de serem introduzidos nas placas de circuitos, denominadas PCB's (*Printed Circuit Boards*).

O processo seguinte é a gravação a laser (*Laser marking*) de um código, QRC (*Quick Response Code*), em cada PCB, o que permite a rastreabilidade individual de cada placa e o histórico de montagem durante todo o processo. Após estas duas etapas, as placas seguem para as linhas de inserção automática de componentes.

A primeira operação da linha (Figura 19), é a colocação de uma pasta, o *reflow* (1), que servirá para fixar os componentes eletrónicos na placa. Em seguida o *reflow* é inspecionado (2) e os componentes são colocados nos PCB's com recurso a máquinas *Pick & Place* (3).

A soldadura (4) é o processo que se segue, cujo objetivo é a fixação dos componentes nas placas através da secagem do *reflow*. A última operação das linhas de SMT é realizada por uma máquina AOI (*Automated Optical Inspection*) que inspeciona visualmente as placas após a fixação dos componentes (5). Após a verificação da qualidade das placas e dos componentes, os *arrays* (conjuntos de placas) ficam armazenados em *containers* num supermercado entre a área de SMT e CBA.

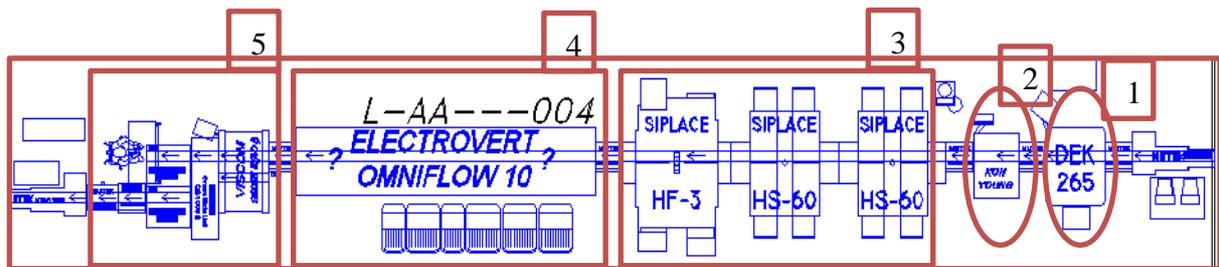


Figura 19 - Implantação de uma linha de inserção automática de componentes

3.3.2 Montagem Manual de Componentes - CBA

Na área de CBA faz-se a montagem manual de componentes que, por várias razões, não é possível colocar nas linhas de SMT. Os PCB's saem das linhas de SMT em *arrays*, sendo necessário individualizá-las para a montagem manual.

Assim, a primeira operação a que as placas são sujeitas é designada de *Blade Singulation* em que máquinas, designadas de singuladoras, separam as placas que constituem os *arrays* através da remoção do excesso de PCB que serve de suporte às várias placas do *array*.

Após a individualização das placas, estas seguem para as linhas de montagem manual, como a representada na Figura 20, em que se executam quatro operações: a colocação manual de componentes (1), a fixação mecânica, designada de *clinch* (2), a soldadura dos componentes colocados (3) e, por fim, a inspeção visual às placas (4).

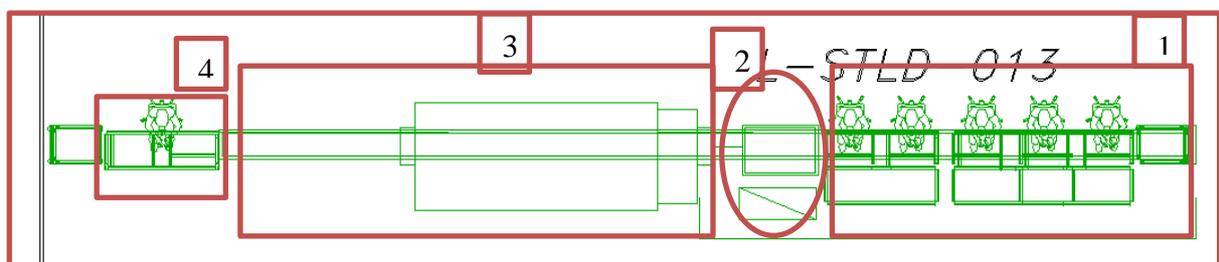


Figura 20 - Implantação de uma linha de *sticklead*

Além dos processos descritos anteriormente, fazem parte da área de CBA o processo de *coating*³, os *sub-assemblys* (pré-montagens de placas com outros componentes) e uma área de ICT's (*In Circuit Test*) em que os componentes são testados para verificar a existência de curto-circuitos e se foram inseridos corretamente. No fim destes processos da área de CBA as placas seguem para a montagem final.

3.3.3 Montagem Final - FA

A secção de montagem final é constituída pelas linhas de montagem final (Figura 21), e pelas células de *sub-assembly*, que serão abordadas em detalhe no capítulo seguinte. Nas linhas de montagem final são montadas essencialmente blendas, placas principais e de serviço, mecanismos (leitor de CD) e tampas. Parte do projeto será desenvolvido nas células de *sub-assembly*, onde se faz a pré-montagem de alguns componentes, de modo a tornar as linhas de montagem final mais flexíveis.

A linha de montagem final, como se pode ver na Figura 21, pode dividir-se em três partes. No início da linha efetua-se a montagem de placas, blendas, mecanismos e tampas (1). Depois desta montagem o produto montado é sujeito a uma série de testes mecânicos e elétricos (2) e por fim o produto é etiquetado e embalado (3).

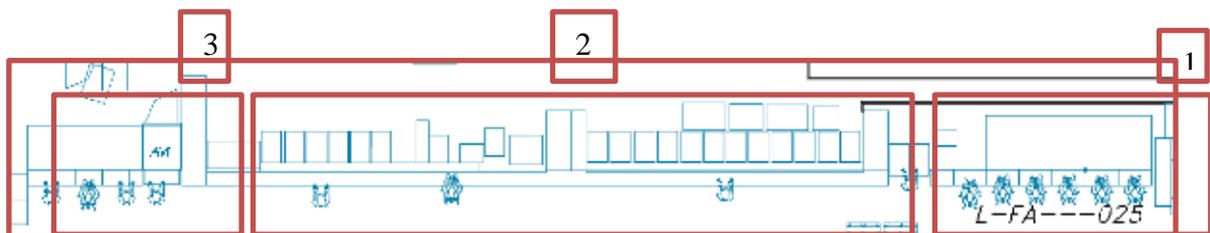


Figura 21 - Implantação de uma linha de montagem final

Em relação às células de *sub-assemblys* existem dois tipos distintos: duas células orientadas para a montagem de blendas e duas células dedicadas à montagem de mecanismos. O foco será nas células de *sub-assembly* de blendas, uma vez que foi a área de atuação preferencial decidida pela empresa. Nos *sub-assembly* de blendas, procede-se à montagem das blendas com as placas de serviço, enquanto que nos *sub-assembly* de mecanismos, realiza-se a montagem do mecanismo leitor de CD com uma chapa designada de *bracket*.

Estas células de sub-montagens são células orientadas ao produto, sendo que, fazem basicamente as mesmas operações para famílias de produtos diferentes.

³ Tratamento dado às placas que lhes confere uma maior resistência a determinados fatores, como por exemplo, humidade e temperatura.

4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO INICIAL

Como referido no capítulo anterior, a unidade fabril da Delphi em Braga encontra-se dividida em três principais áreas de produção. Visto que o fator tempo para a realização deste projeto é limitado foi necessário definir a área de incidência do projeto. Foi decidido em conjunto com a empresa que a área de atuação principal será na secção de Montagem final, com especial foco nas células de *sub-assembly* de blindas e em duas linhas de montagem final.

Assim, neste capítulo de caracterização será feita uma descrição detalhada desta área, descrevendo-se em pormenor o processo produtivo inerente às células de *sub-assembly*, assim como uma exposição dos principais problemas encontrados.

Serão identificados indicadores de desempenho, os *inputs* e os *outputs*, o modo como o planeamento da produção é feito e a organização das células de *sub-assembly* (*layout*). Fez-se ainda um levantamento das principais implementações da metodologia *Lean* na empresa.

4.1 *Lean production* na Delphi Braga

A Delphi já está familiarizada com a temática do *Lean production*, estando esta metodologia implementada e visível em todas as divisões da empresa.

Ferramentas como a gestão visual, 5S, *Standard work* e dispositivos *poka-yoke* são já amplamente utilizados, tal como foi constatado através de observações diretas no *shop floor*. Neste subcapítulo serão abordados alguns exemplos reais destas práticas presentes na empresa.

4.1.1 Gestão visual

As marcações presentes no chão de fábrica são um exemplo da gestão visual aplicada na empresa com o objetivo de delimitar zonas de produção, de armazenamento e de passagem. Estas delineações obedecem a um *standard*, disponível no Anexo I - Código de cores Delphi, de acordo com a área e/ou material.

Por exemplo, todas as matérias primas devem estar em sítios assinalados com fita de cor azul (Figura 22), já o *Work-In-Process* e o produto acabado devem ser delimitados com cor verde (Figura 22).

A par das marcações do chão existem outras ferramentas de gestão visual como a identificação de tabuleiros e das rampas. A existência de um número elevado de tabuleiros, a rondar os vários milhars, em toda a fábrica e o facto de muitos deles apresentarem as mesmas dimensões, assim como a similitude presente em vários produtos (por vezes a única



Figura 22 - Exemplo de gestão visual (a) matérias primas (b) produto acabado

diferença é o número de componentes eletrónicos colocados no interior do aparelho) torna obrigatória a identificação clara dos tabuleiros.

4.1.2 Trabalho normalizado

O *standard work* é aplicado em todos os postos de trabalho, sendo que as instruções de trabalho normalizado contêm toda a informação necessária e essencial para a realização das operações em cada posto, inclusive as melhores práticas, o tempo despendido com cada tarefa e imagens representativas que ajudam o operador a executar as operações do modo correto. Seguem, no Anexo II - Exemplos de instruções de trabalho, dois exemplos de instruções de trabalho, uma referente a uma operação de montagem de um produto (Figura 64) e a outra respeitante a rotas de operadores (Figura 65).

4.1.3 Mecanismos de prevenção do erro

No que diz respeito a mecanismos de prevenção do erro, denominados *poka-yoke*, estes são aplicados em praticamente todos os postos de trabalho e desempenham um papel importante na medida em que reduzem consideravelmente a ocorrência de situações anómalas.

Estes dispositivos podem ser equipados com sensores de movimento e detetores de presença que garantem a posição e movimentação adequada dos produtos.

Adicionalmente, estes mecanismos são munidos de proteções que, além de impedirem a entrada de qualquer elemento indesejado no produto são uma medida de segurança para não permitir que o trabalhador coloque as mãos em zonas perigosas.

O desenvolvimento destes dispositivos *error-proofing* tem início praticamente em simultâneo com o desenvolvimento dos produtos, evoluindo progressivamente mediante alterações ao produto ou ao processo e, de acordo, com a política de melhoria contínua da empresa.

Existem *poka-yokes* de contacto (Figura 23), que caso haja uma colocação errada dos componentes não permitem que a produção prossiga.

O dispositivo para aparafusamento apresentado na Figura 23 está inserido num posto da montagem final em que se realiza uma operação de aparafusamento de dois componentes.

Com este dispositivo, há apenas uma maneira de colocar os componentes para serem aparafusados. Se se tentar colocar os componentes noutra posição que não a correta, simplesmente não se consegue colocar porque não vão entrar no dispositivo. É, portanto, um dispositivo que limita o posicionamento dos componentes, garantindo sempre a sua correta colocação para o aparafusamento.

Além disto, quando se fecha o dispositivo, apenas ficam visíveis as aberturas para o aparafusamento, assinaladas com um círculo a vermelho na Figura 23.

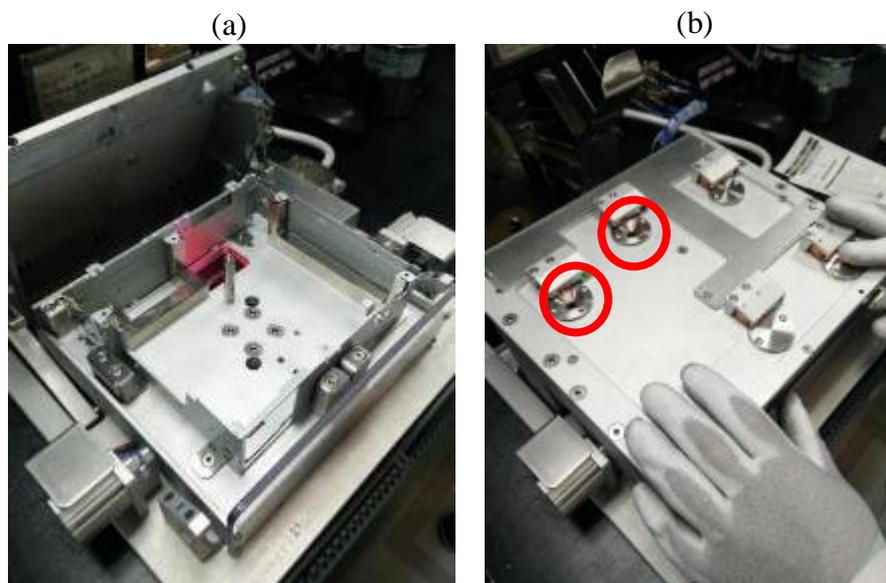


Figura 23 - Exemplos de *poka-yoke*: (a) contacto (b) operação de aparafusamento

Em simultâneo, a ordem pela qual os parafusos devem ser apertados aparece no ecrã e iluminam-se os leds que rodeiam a abertura para o primeiro parafuso.

Tem-se também os *poka-yokes* de advertência que, essencialmente, emitem sinais luminosos e sonoros quando algo está errado, como por exemplo a má colocação de um parafuso. Neste caso, é disparado um sinal sonoro que alerta o operador e, em simultâneo, é possível ver no ecrã do posto um sinal luminoso a identificar o problema específico.

Outro *poka-yoke* muito comum na Delphi é o presente em todos os *robots* de aparafusamento e que consiste em adaptar o programa de aparafusamento da máquina à placa colocada no *robot*. Para o efeito, o código 2D presente em todas as placas é lido antes de se iniciar o aparafusamento, o que permite que não haja a possibilidade de o *robot* aparafusar uma placa com o programa errado. Revela-se bastante útil na troca de produtos, em que não há

necessidade de perder tempo com a alteração do programa de aparafusamento para cada placa.

Por último, a troca de produto numa linha é um momento em que a probabilidade de ocorrer erros aumenta consideravelmente. Para se evitar a colocação de algum componente que não faz parte da lista do produto existem os manifestos⁴. Estas ordens de produção quando são lidas desencadeiam a ativação do programa de montagem referente ao produto no manifesto. Assim, quando se lê o código QRC de um determinado componente que não consta da lista o programa rejeita-o e não permite que a produção prossiga até o componente certo ser lido.

4.2 Processo produtivo na secção de Montagem Final

Nesta secção segue-se uma descrição dos processos e do fluxo produtivo, assim como a exposição dos principais KPI das células de *sub-assembly* e de uma linha da montagem final.

Por razões de confidencialidade de informação, a referência aos artigos produzidos não será feita pelo nome da marca e modelo, mas sim pela atribuição de uma letra a substituir a marca real e um número em vez dos modelos.

Por exemplo, produto A com os modelos A1 e A2. Na Tabela 2, estão presentes as designações dos principais produtos.

Tabela 2 - Designação dos produtos

Designação dos Produtos
A1
B
C
D1 - Novo produto
D2
E

4.2.1 Lista de materiais

Os materiais usados variam bastante de acordo com a marca e o modelo do aparelho. No entanto, apesar da diversidade de componentes específicos que cada modelo necessita, pode-se definir uma base comum a todas as marcas assumindo-se como componentes principais dos

⁴ Lista de componentes a utilizar naquele produto específico e respetivos *partnumbers* (nº identificação)

aparelhos: as placas provenientes de *Sticklead*, as blendas e os mecanismos das células de pré-montagem, os caixilhos e as tampas, representados na Figura 24, sendo que a montagem destes componentes é executada nas linhas de montagem final.

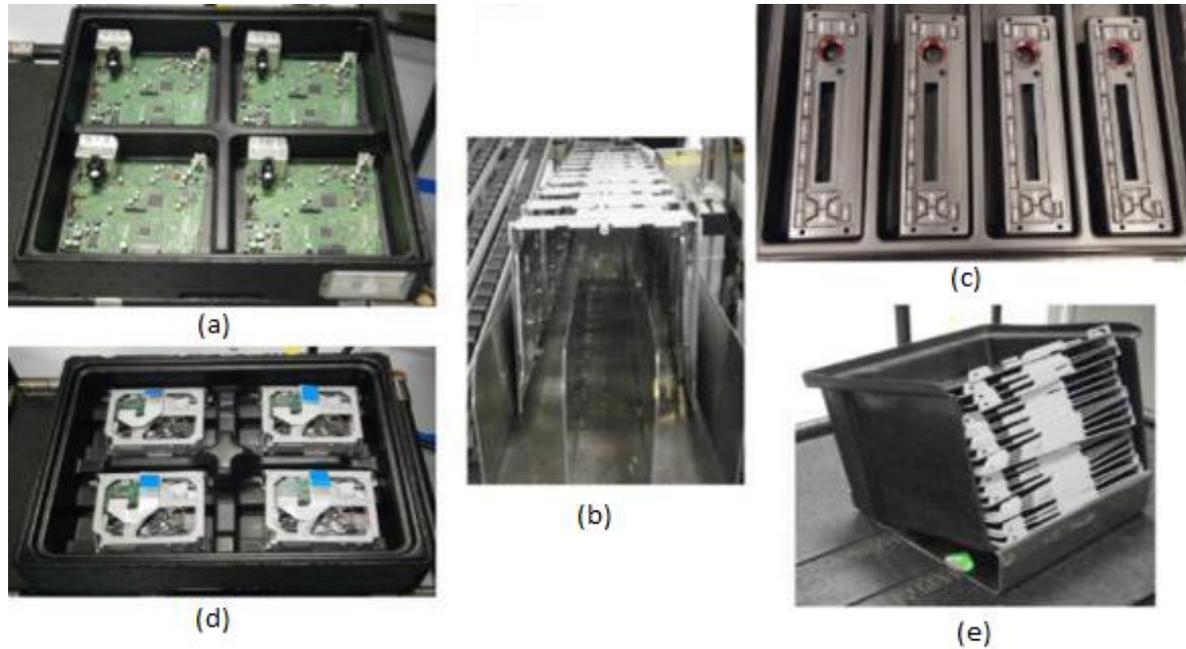


Figura 24 - (a) Placas de *Sticklead* (b) Caixilhos (c) Blendas (d) Mecanismos (e) Tampas

Apresentados os componentes gerais segue-se agora, na Tabela 3, a lista dos componentes detalhados de cada produto relevante para a tese.

Tabela 3 - Lista de materiais dos principais produtos

Material	<i>Input da Célula/Produto/Posto</i>
<i>Encoder</i>	L-TRIM-003/A1/Posto 1
Anilha	L-TRIM-003/A1/Posto 1
Placa de serviço	L-TRIM-003/A1/Posto 2
<i>ZIF cable</i>	L-TRIM-003/A1/Posto 2
<i>Frontplate</i>	L-TRIM-003/A1/Posto 3
Botão grande	L-TRIM-003/A1/Posto 4
Botão pequeno	L-TRIM-003/A1/Posto 5
<i>SD Card</i>	L-TRIM-003/A1/Posto 5
Esteiras	L-TRIM-001/B/Posto 1
Botão <i>Knob Outer</i>	L-TRIM-001/B/Posto 3
Botão <i>Knob Inner</i>	L-TRIM-001/B/Posto 3

Material	<i>Input da Célula/Produto/Posto</i>
Esteiras	L-TRIM-001/C/Posto 1
Placa de serviço	L-TRIM-001/C/Posto 1
Botão exterior	L-TRIM-001/C/Posto 3
Botão interior	L-TRIM-001/C/Posto 3
Botão interior	L-TRIM-001/C/Posto 3
Placa de serviço	L-TRIM-001/D1/Posto 1
Botão acionador	L-TRIM-001/D1/Posto 1
Lente	L-TRIM-001/D1/Posto 1
Esteira	L-TRIM-001/D1/Posto 1
Botão exterior	L-TRIM-001/D1/Posto 2
Botão interno “power”	L-TRIM-001/D1/Posto 2
Placa de serviço	L-TRIM-001/D2/Posto 1
Esteira	L-TRIM-001/D2/Posto 1
Mola	Montagem Final/D1/Posto 1
“Bala”	Montagem Final/D1/Posto 3
Chapa de refrigeração	Montagem Final/D1/Posto 6
Mecanismo	Montagem Final/E/Posto 1
Cabo	Montagem Final/E/Posto 1
<i>Bracket</i>	Montagem Final/E/Posto 1
<i>SD Card</i>	Montagem Final/E/Posto 2
<i>Keyboard</i>	Montagem Final/E/Posto 2
PCB	Montagem Final/E/Posto 3
<i>Most</i>	Montagem Final/E/Posto 3
Placa principal	Montagem Final/E/Posto 4
Etiqueta	Montagem Final/E/Posto 6
Parafuso	Todos os produtos

4.2.2 Produto acabado

Após a exposição da lista de materiais das células de produção na secção anterior, tem-se agora a apresentação dos principais produtos acabados de cada célula de *sub-assembly* e de duas linhas de montagem final, Tabela 4.

Tabela 4 - *Outputs* da secção de Montagem Final

Produto acabado	Foto do produto acabado	Célula de produção
A1		L-TRIM-003
B		L-TRIM-001
C		L-TRIM-001
D1		L-TRIM-001
D2		Posto de trabalho independente
E		Linha de montagem final

Nos capítulos seguintes serão apresentadas as implantações das células e linhas de produção onde os produtos presentes na Tabela 4 são produzidos.

4.2.3 Implantação da célula de pré-montagem de blendas (L-TRIM-003)

Na célula de produção, cujo *layout* se encontra na Figura 25, faz-se a pré-montagem de blendas que depois são encaminhadas para a montagem final. Nesta célula, embora sejam

produzidos vários produtos da marca A, o foco será no produto A1, o *highrunner*⁵ da célula. A célula está organizada em cinco postos de trabalho, dos quais quatro são de montagem manual de componentes (postos 1, 2, 4 e 5) e um de aparafusamento com recurso a três *robots* (posto 3).

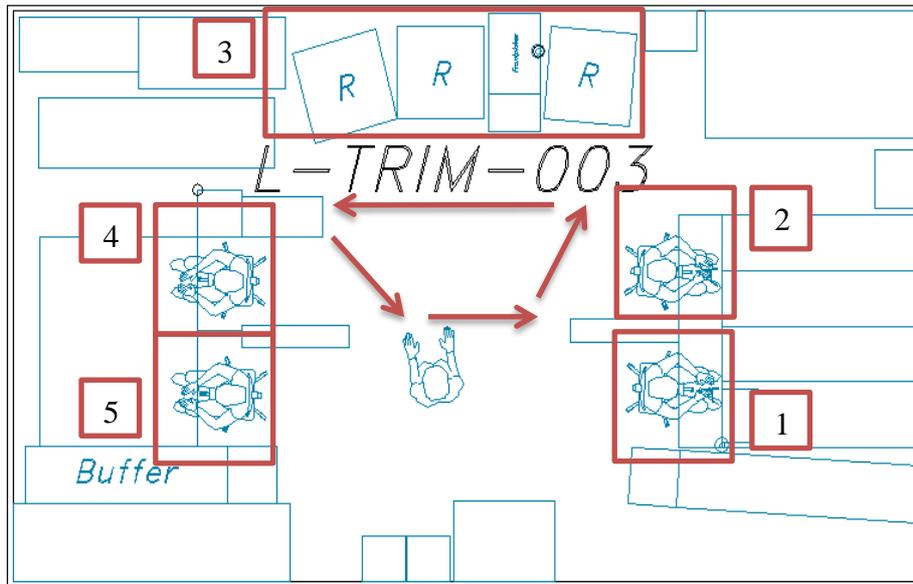


Figura 25 - Implantação da célula de pré-montagem de blendas (L-TRIM-003)

A célula possui um operador alocado a cada posto, ou seja, uma força laboral de cinco operadores. O operador do 3º posto, além de operar nos *robots* de aparafusamento, é responsável pelas movimentações das bases usadas para transportar as blendas dentro da célula, estando o seu percurso exemplificado pelas setas a vermelho na Figura 25.

4.2.4 Implantação da célula de pré-montagem de blendas (L-TRIM-001)

Tal como na célula anteriormente descrita, na célula da Figura 26 faz-se o *sub-assembly* de blendas que seguirão para as linhas de montagem final. A diferença entre a célula agora descrita e a anterior, é o tipo de produto manufacturado, uma vez que, na generalidade os processos são praticamente os mesmos.

A célula é responsável pela produção de diversos artigos, no entanto, serão abordados essencialmente os produtos designados por B e D1.

⁵ Artigo mais produzido

Esta célula divide-se em três postos de trabalho, identificados na Figura 26, estando alocados um total de dois operadores à célula.

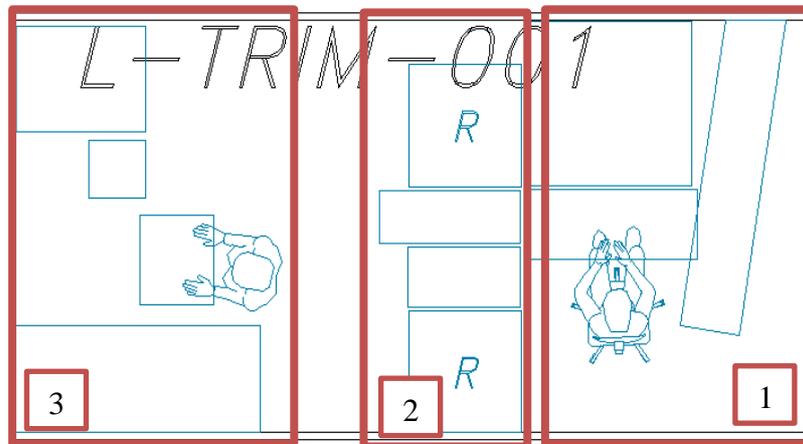


Figura 26 - Implantação da célula de pré-montagem de blindas (L-TRIM-001)

O operador designado para o posto 3, além de executar as funções desse posto é ainda responsável por abastecer os dois *robots* de aparafusamento que constituem o posto 2.

4.2.5 Implantação do posto de trabalho independente

Esta célula é constituída apenas por um posto de trabalho, tal como se pode observar no *layout* da Figura 27. Este posto de trabalho com um operador é dedicado praticamente só ao produto D2, podendo executar ainda tarefas simples como a montagem de botões para outros produtos, o que liberta conteúdo de trabalho da célula L-TRIM-001, exposta anteriormente.

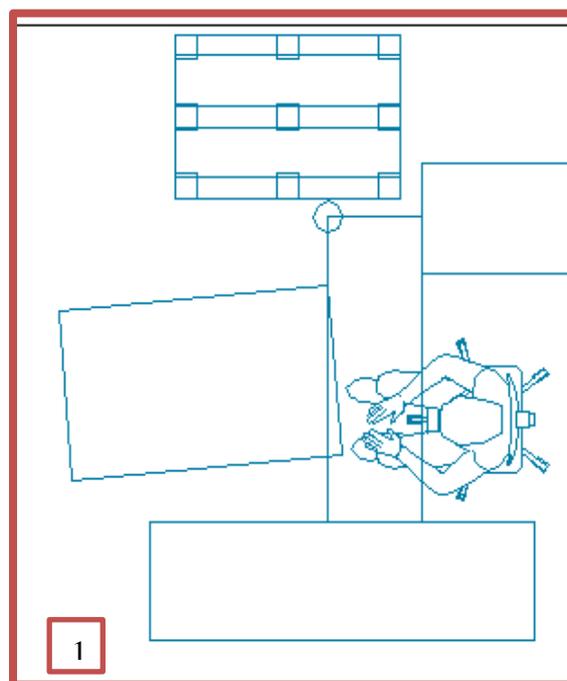


Figura 27 - Implantação do posto de trabalho independente

4.2.6 Implantação da linha de montagem final do produto E

A linha de montagem final que será abordada será a linha que realiza a montagem do produto E e cujo *layout* está representado na Figura 28.

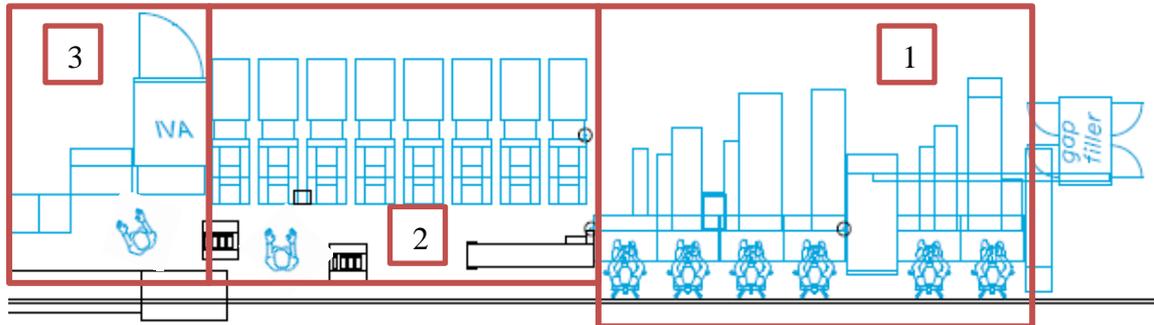


Figura 28 - Implantação da linha de montagem final- produto E

A linha tem uma força laboral de oito operadores distribuídos pelas três áreas enumeradas no *layout*. Na área 1 estão alocados seis operadores, um por cada posto, que executam a montagem dos componentes principais anteriormente descritos na secção 4.2.1.

Na área 2 um operador é responsável por introduzir os aparelhos nos dezasseis dispositivos de teste disponíveis.

Por fim, na área 3 tem-se um operador responsável por colocar os produtos no equipamento de inspeção visual e pelo embalagem.

4.2.7 Planeamento e controlo da produção

O planeamento da produção na Delphi compreende três horizontes temporais distintos: o plano tático, o plano operacional e o plano estratégico (Figura 29).

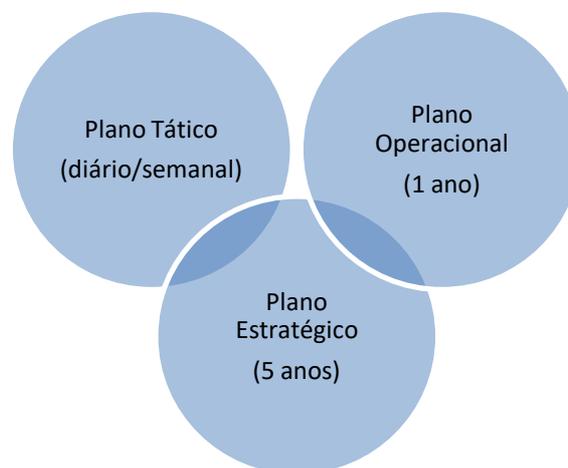


Figura 29 - Planeamento da produção na Delphi Braga

O departamento de Engenharia é responsável pela execução do Plano Estratégico, que diz respeito à introdução de novos produtos e clientes.

O objetivo é determinar se a fábrica tem capacidade suficiente para dar resposta aos novos projetos. Para tal, necessita de informação referente aos volumes que irão ser produzidos e requisitos específicos do produto, de modo a determinar se é necessário adquirir novos recursos, tais como equipamentos.

Esta informação chega ao departamento de engenharia da Delphi Braga através de um documento designado por “SPS Summary” fornecido por outros departamentos da Delphi.

O Plano Operacional cabe ao departamento de *PC&L (Planning Control & Logistics)* que revê diariamente o plano estruturado para um horizonte temporal de um ano. Divide-se essencialmente em duas fases: a primeira é referente aos primeiros cinco meses do ano, em que a produção é planeada de acordo com as encomendas já existentes, enquanto que a segunda fase consiste em prever a produção através das previsões de dados de vendas dos clientes. As previsões de encomendas sofrem ajustes por parte do departamento de *PC&L* mediante as atualizações das encomendas por parte dos clientes.

Por fim, o plano tático diz respeito ao *PC&L* e aos chefes de linha. No início de cada dia o departamento de *PC&L* define a sequência de produção através do lançamento de ordens de produção, podendo estas ser alteradas pelo chefe de linha caso ocorram imprevistos como, por exemplo, falta de material. As ordens de produção são lançadas em lotes de doze unidades através de manifestos de produção, Figura 30. A comunicação entre os chefes de linha e o *PC&L* é importante para o controlo da produção, uma vez que analisam indicadores de desempenho com o intuito de ajustar a produção de acordo com o que foi planeado.



Figura 30 - Exemplo de um manifesto

4.2.8 Estudo de tempos e identificação de estrangulamentos na montagem final

Neste subcapítulo segue-se o estudo dos tempos do processo produtivo, posto a posto, da montagem de blindas para os *highrunners* de cada célula, pretendendo-se identificar *bottlenecks*⁶. O objetivo é analisar o conteúdo de trabalho de cada posto e assinalar oportunidades de rebalanceamento e de eliminação de postos de estrangulamento da produção.

Todos os tempos expostos nas tabelas que serão apresentadas neste subcapítulo são resultantes de observação direta da produção no chão de fábrica. No Anexo III - *Work Combination Table* (WCT), podem ser consultadas as *Work Combination Tables* realizadas na totalidade pelo autor e que serviram de base para a realização das tabelas expostas a seguir. Na Tabela 5 tem-se os tempos de ciclo dos produtos B e C da célula L-TRIM-001 e A1 da célula L-TRIM-003.

Tabela 5 - Tempos de ciclo dos *highrunners* das células de sub-assembly

	Célula	Produto	Montagem de componentes				
			Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5
Tempo ciclo (seg)	003	A1	24,1	27	16,4	21,8	23,9
	001	B	26,4	22,8	14,3		
	001	C	26,4	25,2	11,3		

Para a pré-montagem do produto A1 verifica-se que o *bottleneck* da célula é o posto 2 com 27 segundos de tempo de ciclo. Os *robots* de aparafusamento, considerando já os dois passos de aparafusamento, apresentam 49,2 segundos de tempo de ciclo. Uma vez que estes *robots* estão em triplicado divide-se o tempo de ciclo pelos três, ficando desta forma com um tempo de ciclo de 16,4 segundos.

No caso do produto B o estrangulamento está localizado no posto 1 com um tempo de ciclo de 26,4 segundos e no produto C o *bottleneck* é o primeiro posto, também com 26,4 segundos. Analisados os tempos de ciclo dos principais produtos das células de pré-montagem segue-se a análise aos tempos de ciclo dos *highrunners* da montagem final. A Tabela 6 contém os tempos de ciclo de um *highrunner* de uma linha de produção da montagem final.

⁶ É um posto que causa o estrangulamento do sistema limitando todo o desempenho do mesmo

Tabela 6 - Tempos de ciclo de um *highrunner* de uma linha de montagem final

Montagem de componentes- Linha Montagem Final							
	Produto	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5	Posto 6
Tempo ciclo (seg)	E	28,2	27	27,6	28,8	24	26,4

O produto E apresenta como *bottleneck* o conteúdo de trabalho executado no posto 4, de 28,8 segundos, tal como se pode verificar na Tabela 6 assinalado a cinzento. Este produto, um dos *highrunners* da montagem final, foi alvo de posteriores alterações a nível de componentes, nomeadamente a redução do número de parafusos, por parte da equipa de desenvolvimento da Delphi, o que proporcionou uma análise ao conteúdo de trabalho deste artigo.

4.3 Problemas identificados/oportunidades de melhoria

Neste subcapítulo da descrição e análise crítica são apresentados os principais problemas e oportunidades de melhoria encontradas durante a análise ao sistema produtivo.

4.3.1 Instruções de trabalho desatualizadas e falta de *standard*

A documentação respeitante ao *standard work*, nomeadamente as instruções de trabalho (IT's), são documentos importantes e frequentemente consultados e utilizados por diversas pessoas da organização. Assim, é importante que estejam facilmente disponíveis para consulta e edição no sistema de informação da empresa, o FIS (*Factory Information System*).

Na Delphi, as instruções de trabalho estão disponíveis na rede interna da empresa (FIS) bastando introduzir o nome da mesma para a visualizar ou editar, caso se tenha permissões para tal. É neste passo que reside o problema, pois a simples tarefa de encontrar uma instrução de trabalho associada a um determinado processo e posto, torna-se complicada devido à falta de *standard* para a atribuição de designações às instruções.

Existem instruções no FIS, que para o mesmo processo e produto têm nomenclaturas completamente distintas. Por vezes, surge o nome do processo em primeiro lugar e depois o nome do produto, mas em vários casos o nome do processo nem consta na designação da instrução.

A falta de *standard* nas designações não é o único problema referente às instruções de trabalho, tendo sido detetadas dezenas de instruções de trabalho que se encontravam desatualizadas. Além da existência de instruções desatualizadas, verificou-se também uma

lacuna na falta de trabalho normalizado para algumas operações, nomeadamente, na análise e reparação de rádios.

Assim, com o intuito de colmatar esta falha a nível do *standard work* serão apresentadas propostas de melhoria no capítulo seguinte.

4.3.2 Qualidade nas blendas do produto B

Na *Delphi Automotive Systems-Portugal S.A* um dos focos principais é a satisfação do cliente com o produto final e a inexistência de reclamações em relação ao mesmo. De facto, em relação a um produto específico, o produto B, registaram-se algumas queixas do cliente relativamente a sujidades presentes nas blendas dos autorrádios.

Em resposta às reclamações recebidas decidiu-se fazer um levantamento de todos os defeitos encontrados nas blendas, quantificar as ocorrências, identificar a sua origem e definir estratégias para a diminuição/eliminação das não conformidades.

Ao longo de cinco meses fez-se uma inspeção visual a 100 % dos autorrádios do produto em causa, tendo sido analisados 52337 aparelhos dos quais 837 falharam. Na Tabela 7 estão presentes todos os defeitos identificados e o respetivo número de ocorrências durante o período de análise.

Tabela 7 - Defeitos presentes no produto final

Defeito encontrado	Nº de Ocorrências
Riscos na blenda	448
Sujidade preta	93
Má limpeza da blenda	62
Pinos deformados nas fichas / caixa de ligação	35
Sujidade branca	28
Má montagem da blenda	26
Deformações na blenda	23
Má colocação do selo de garantia	21
Má montagem dos botões	16
Má colocação do Passaporte/etiqueta	14
Má montagem do caixilho	12
Ruídos mecânicos	11
Má colocação das molas de fixação	10
Outros	10

Defeito encontrado	Nº de Ocorrências
Clique das teclas	8
Mau <i>Laserprint</i> / <i>Padprint</i>	7
Má montagem da tampa	5
Mau aparafusamento	4
Má montagem do <i>snap</i> inferior	2
Má montagem do <i>snap</i> superior	2

Após a listagem de todas as não conformidades procedeu-se a uma análise das mesmas e chegou-se à conclusão que se podiam agrupar alguns defeitos. Desta forma e como se constata na Tabela 8, foram aglomerados todos os defeitos devido a má montagem, assim como todas as não conformidades respeitantes a sujidades e má limpeza e ainda as más colocações do selo de garantia e do passaporte/etiqueta.

Tabela 8 - Defeitos presentes no produto final agrupados

Defeito encontrado	Nº de Ocorrências
Riscos na blenda	448
Má limpeza da blenda	183
Montagens defeituosas	47
Pinos deformados nas fichas / caixa de ligação	35
Má colocação do selo de garantia/passaporte/etiqueta	35
Má montagem dos botões/teclas	24
Deformações na blenda	23
Ruídos Mecânicos	11
Má colocação das molas de fixação	10
Outros	10
Mau <i>Laserprint</i> / <i>Padprint</i>	7
Mau aparafusamento	4

Com os defeitos agrupados pode-se iniciar a análise dos mesmos, e para o efeito usou-se o gráfico de Pareto, uma ferramenta estatística simples, mas bastante útil na seleção das prioridades de não conformidades a resolver primeiro.

Na Figura 31 tem-se o gráfico de Pareto para os defeitos expostos na Tabela 8 e ao analisar-se o gráfico, conclui-se que um quarto das categorias dos defeitos encontrados, nomeadamente,

riscos na blenda, má limpeza da blenda e montagens defeituosas são responsáveis por 81% das ocorrências totais registadas.

Assim, o foco inicial será nas causas que originam estes três tipos de defeitos e, posteriormente, na definição de estratégias para os eliminar.

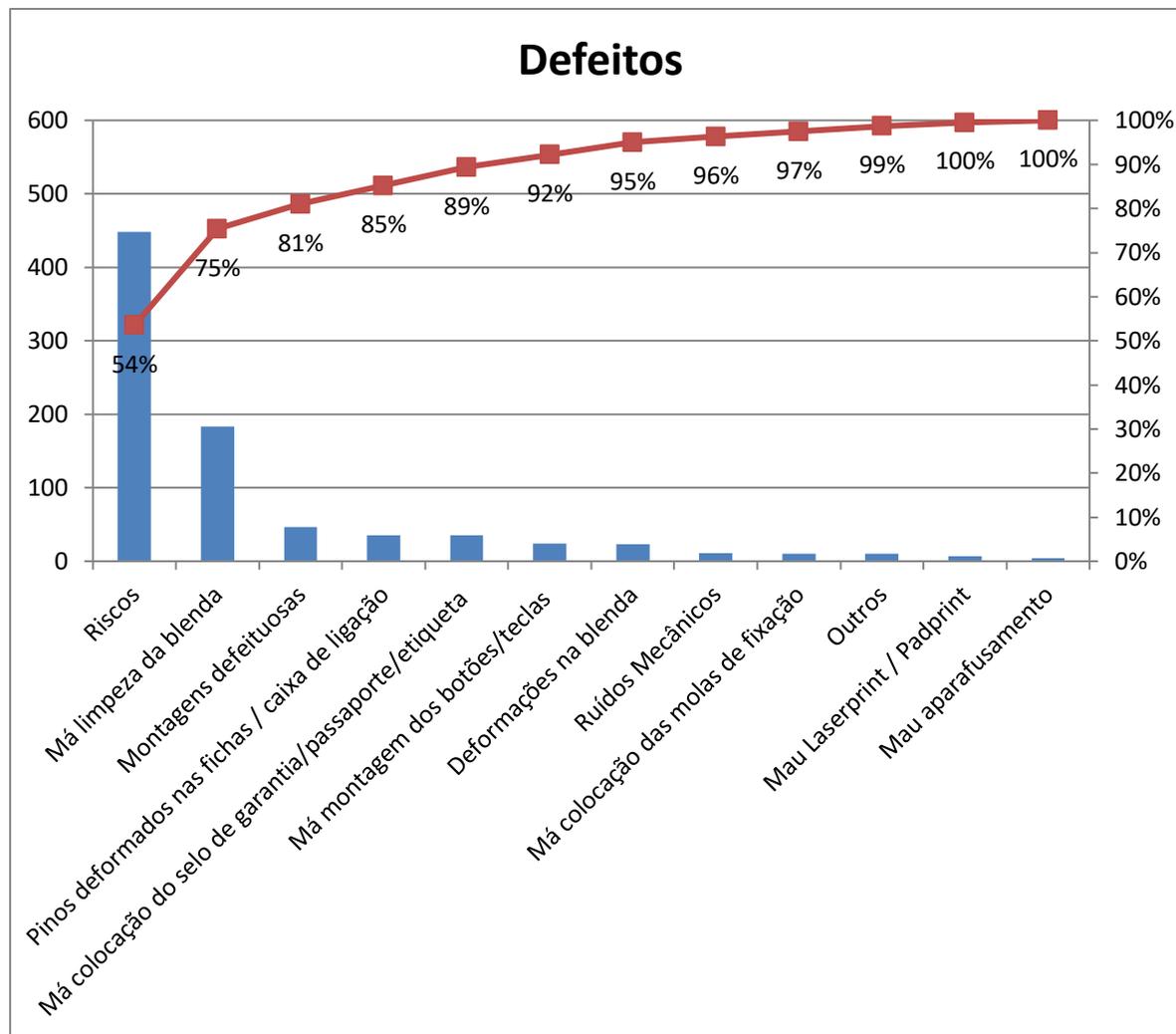


Figura 31 - Gráfico de Pareto dos defeitos encontrados

Uma vez identificados os defeitos prioritários, segue-se a determinação da causa dos mesmos e, para isso, elaborou-se um diagrama de *Ishikawa* em que estão expostas as causas que poderão provocar os defeitos (Figura 32).

Após a elaboração do diagrama de causa-efeito e posterior análise ao mesmo chegou-se à conclusão de que as causas com maior impacto nos defeitos prioritários seriam devido ao manuseamento descuidado, ao transporte entre edifícios e ao facto da limpeza das blendas não ser o mais eficaz.

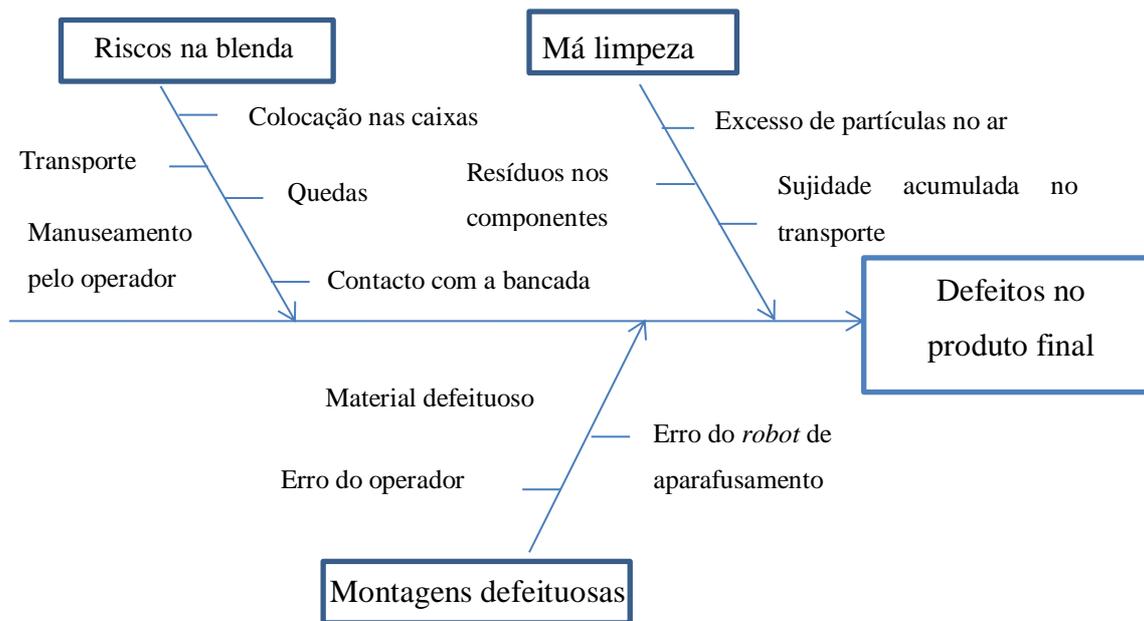


Figura 32 - Diagrama de Ishikawa dos defeitos

Por observação direta no chão de fábrica constata-se que, por vezes, o operador executa as tarefas manuseando descuidadamente as blindas, o que pode de facto provocar riscos. Durante o processo produtivo, a exposição a situações que possam originar riscos já é por si só elevada, mas agrava-se quando o manuseamento das blindas não é o mais correto. O contacto do produto com a bancada de trabalho, a colocação na caixa, a ocorrência de quedas e o transporte são os momentos em que o produto está mais exposto a sofrer riscos.

No que diz respeito à limpeza das blindas, o problema reside no facto de existirem partículas agarradas aos componentes a montar o que não é de todo desejável nem aceitável.

Os componentes apresentam estas partículas maioritariamente devido aos transportes inevitáveis entre edifícios e, conseqüentemente, devido ao contacto com um ambiente que não é livre de impurezas, estas acabam por se depositar nos materiais.

Assim, decidiu-se atuar no momento da montagem dos componentes executando a limpeza dos mesmos.

A limpeza é executada, atualmente, de modo manual pelo operador através de uma pistola de ar ionizado, sendo que nem todas as partículas são removidas. Por vezes, o que acontece é que as partículas são transferidas para outras áreas de trabalho e contaminam outros componentes, pois não existe nenhum sistema de aspiração.

Este processo de limpeza manual, além de moroso e ineficaz, apresenta resultados com bastante variação, pois depende muito das zonas atingidas pelo sopro da pistola de ar ionizado, o que faz com que a limpeza não seja uniforme.

A existência de reclamações por parte do cliente relativamente à má limpeza das blendas, significa que existem aparelhos com sujidades que passam na inspeção visual, isto é, nem sempre estas sujidades são facilmente identificáveis, o que faz com que seja prioritário garantir uma limpeza uniforme do aparelho.

Nesta fase, podem-se delinear estratégias e propor medidas para a resolução destes problemas de qualidade, propostas essas apresentadas na secção 6.3.

4.3.3 Resumo dos problemas/oportunidades de melhoria identificados

Na Tabela 9 estão presentes os principais problemas identificados na fase de análise ao sistema produtivo, de acordo com a área de atuação decidida pela empresa.

Tabela 9 - Problemas/ oportunidades de melhoria

Problema/Oportunidade	Área afetada/Produto
Instruções de trabalho desatualizadas	Geral
Rebalanceamento do conteúdo de trabalho	Linha de Montagem final/Produto E
Defeitos nas blendas	Célula de <i>sub-assembly</i> /B

No capítulo 6 serão apresentadas as propostas de melhoria que incidirão sobre os problemas presentes na Tabela 9.

5 INDUSTRIALIZAÇÃO DE UM NOVO PRODUTO

A inserção de um produto novo em postos de trabalho já existentes é um processo exigente que requer um estudo prévio acerca do produto e das tarefas adjacentes ao seu fabrico. Será introduzido numa linha de montagem já existente, cujo *layout* está representado na Figura 21, uma vez que os baixos volumes anuais, nomeadamente de 20.000 aparelhos não justificam a criação de uma nova linha.

Para se ter uma ideia, se a empresa tivesse interesse em produzir de uma só vez toda a quantidade anual, quinze turnos de trabalho de 8 horas seriam suficientes.

Posto isto, antes do início da produção em escala, é necessário definir a lista de materiais (ver Tabela 3), distribuir o conteúdo de trabalho pelos postos, verificar que equipamentos são necessários para o novo produto, estabelecer a forma de abastecimento das matérias aos postos, designado por *parts presentation*, e criar dispositivos de prevenção e deteção de erros (*poka-yokes*).

Após a execução deste estudo é essencial testar todo o processo antes da produção em série. Para isto realizam-se as denominadas pré-séries⁷ e é neste momento que se analisa em detalhe o processo, anotando tudo o que pode ser sujeito a melhoria. Nesta fase, a interação com o operador é um fator importante para a equipa de engenharia (responsável pela inserção do novo produto) pois o feedback dado por quem vai executar as tarefas auxilia na resolução de possíveis problemas.

Nos subcapítulos seguintes serão explicados em detalhe todos os passos essenciais à introdução de um novo produto até à sua produção em escala.

5.1 Distribuição do conteúdo de trabalho

Inicialmente é necessário definir as tarefas da produção e fazer a divisão das mesmas pelos postos de trabalho de forma a que o conteúdo de trabalho esteja balanceado.

Depois de elaborada a lista das operações (ver Tabela 11) e a sequência em que têm de ser executadas, é preciso determinar o tempo necessário para a realização das tarefas.

Na Delphi, para se classificar a duração de uma operação usa-se o termo *motion*, que equivale a 0,6 segundos. Existe um *standard* no que diz respeito à atribuição das *motions*, sendo que, a título exemplificativo é apresentada a seguir a Tabela 10 com as principais operações e respetivas *motions*.

⁷ Realizam-se quando se introduz um novo artigo na produção, com o objetivo de testar o processo produtivo.

Tabela 10 - Tabela com o *standard das motions*

Operação	Motions	Segundos
“Pegar”	2	1,2
“Montar”	2	1,2
“Aparafusar”	5	3
“Leitura <i>scanner</i> ”	5	3

Este *standard* serve de referência para a atribuição das *motions*, mas a dificuldade de execução de determinada operação é um fator a ter em conta. Por exemplo, existem parafusos com maior dificuldade de colocação, seja devido à superfície onde serão aparafusados ou ao tamanho do parafuso. Nestes casos, acrescentam-se *motions* ao *standard* consoante a dificuldade da tarefa.

Posto isto, fez-se a sequenciação de todas as tarefas que têm de ser executadas e respetivas *motions*.

O *layout* da célula de *sub-assembly* encontra-se na Figura 26, repetido aqui por conveniência na Figura 33.

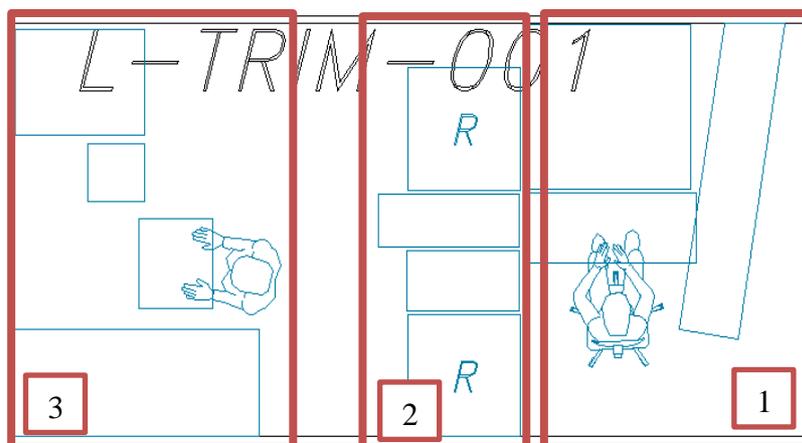


Figura 33 - Implantação da célula de pré-montagem de blindas (L-TRIM-001)

Inicialmente, listaram-se as tarefas que farão parte do conteúdo de trabalho a realizar nas células de *sub-assembly*, presentes na Tabela 11 e, em seguida, listaram-se as operações a executar em cada posto da linha de montagem final (Tabela 12).

Na análise das tarefas de *sub-assembly*, dividiu-se a lista de tarefas em antes e após o aparafusamento, uma vez que o mesmo servirá de base para a divisão do conteúdo de trabalho. Neste caso, tem-se uma operação que tem precedências, isto é, para realizar o aparafusamento existe uma série de tarefas que têm de ser obrigatoriamente realizadas à priori.

Tabela 11 - Lista de operações antes e depois do aparafusamento

Operações antes do aparafusamento	Motions	Segundos
1º Colocar placa de serviço na prensa	2	1,2
2º Colocar botão acionador na prensa	2	1,2
3º Montar botão na placa com a prensa	2	1,2
4º Ler código de barras da blenda	5	3,0
5º Limpar blenda com pistola de ar ionizado	5	3,0
6º Ler código de barras da lente	5	3,0
7º Retirar película da lente	2	1,2
8º Colocar lente na blenda	3	1,8
9º Prensar lente	2	1,2
10º Limpar blenda com pistola de ar ionizado	5	3,0
11º Retirar suporte de teclas	4	2,4
12º Colocar esteira na blenda	3	1,8
13º Limpar placa de serviço com pistola de ar ionizado	2	1,2
14º Montar placa de serviço na blenda	5	3,0
15º Ler código 2D da placa de serviço	2	1,2
Operações depois do aparafusamento	Motions	Segundos
1º Aparafusar	20	12
2º Retirar blenda e enviar base para o posto 1	4	2,4
3º Montar botão exterior na posição correta	4	2,4
4º Montar botão interior <i>Power</i> na posição correta	2	1,2
5º Colocar blenda no tabuleiro	2	1,2
6º Montar botão acionador	4	2,4

No caso da montagem final dividiu-se o conteúdo de trabalho pelos seis postos existentes na linha cujo *layout* se encontra na Figura 34, de forma a aproveitar ao máximo os equipamentos já existentes em cada posto, nomeadamente, as aparafusadoras.

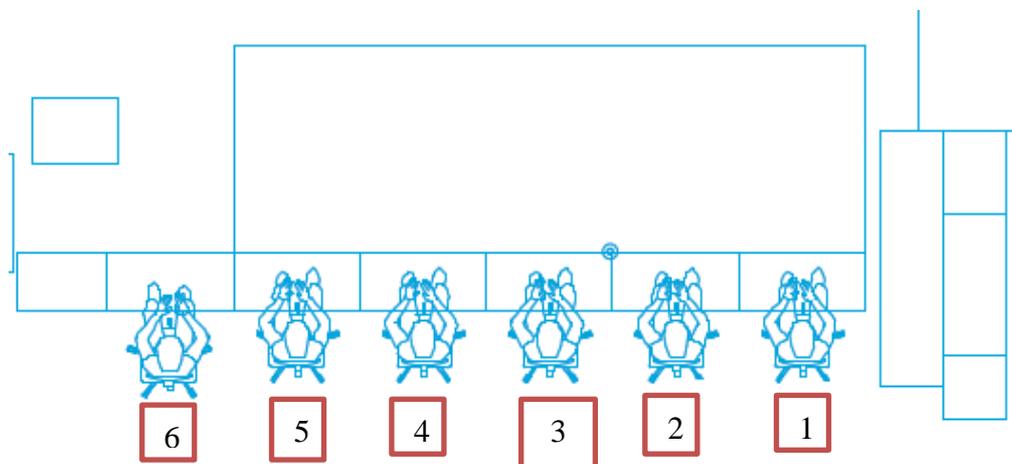


Figura 34 - Implantação da linha de montagem final - produto D1

Na Tabela 12 estão listadas as operações a executar nos postos da linha de montagem final.

Tabela 12 - Operações da montagem final

Operações montagem final	<i>Motions</i>	Segundos
1º Inserir 2 molas laterais no caixilho	4	2,4
2º Aparafusar 2 parafusos nas molas	10	6
3º Inserir placa principal no caixilho	4	2,4
4º Ler código 2D da placa	1	0,6
5º Aparafusar 4 parafusos da placa principal	20	12
6º Colocar etiqueta intermédia	2	1,2
7º Colocar tampa inferior	4	2,4
8º Colocar “bala”	2	1,2
9º Aparafusar 1 parafuso na tampa inferior	5	3
10º Ler código da tampa superior e colocar no aparelho	5	3
11º Aparafusar 2 parafusos na tampa inferior	10	6
12º Ler código da blenda e colocar no aparelho	5	3
13º Colocar silicone na lateral do aparelho	4	2,4
14º Inserir chapa de refrigeração	2	1,2
15º Aparafusar 3 parafusos na chapa de refrigeração	15	9

Tendo a lista de atividades completa, segue-se a distribuição das mesmas pelos postos de trabalho com o intuito de distribuir o melhor possível a carga de trabalho, isto é, aproximar o máximo possível os tempos de ciclo dos postos.

Uma ferramenta que auxilia na execução desta tarefa é a *Work Combination Table* (WCT), principalmente a nível visual. É um ficheiro excel em que se coloca uma lista de tarefas e respetivas *motions*. Automaticamente a folha de excel converte as *motions* em segundos e constrói um gráfico que permite visualizar, muito facilmente, qual é o posto que tem maior tempo de processamento, isto é, o *bottleneck*. A partir daqui modifica-se o posto em que as operações são realizadas, respeitando as precedências, de modo a que o tempo de ciclo do produto baixe e os postos fiquem o mais balanceados possível.

A WCT elaborada pelo autor para o novo produto, quer para a célula de *sub-assembly* quer para a linha de montagem final pode ser visualizada na Figura 73, Figura 74 e Figura 75 do Anexo III - *Work Combination Table* (WCT).

Todas as operações que irão ser descritas nos próximos parágrafos encontram-se representadas nas instruções de trabalho normalizado presentes no Anexo V - Instruções de trabalho do produto D1 e realizadas pelo autor na íntegra. O conteúdo de trabalho para a

célula de *sub-assembly* 001 (ver Figura 33) foi dividido pelos postos da célula de acordo com as operações que têm de ser realizadas antes do aparafusamento e as que podem ser realizadas depois.

Assim, no primeiro posto lê-se o código de barras da blenda, limpa-se a blenda com ar ionizado e coloca-se a lente com recurso a uma prensa. O próximo passo é a colocação da esteira e da placa de serviço com o botão montado na blenda.

Em seguida, um *robot* de aparafusamento aperta quatro parafusos que vão fixar a placa de serviço à blenda e a operadora monta os botões exterior e interior.

Enquanto a operação de aparafusamento é executada, a operadora monta o botão acionador e prensa-o na placa de serviço. A placa de serviço já com o botão montado é utilizada no posto 1, como descrito acima. A tarefa de montagem do botão acionador é realizada no posto 3 para diminuir a carga de trabalho do 1º posto e para aproveitar o tempo em que o aparafusamento é executado. Caso não efetuasse a montagem do botão, a operadora teria de esperar que a máquina terminasse o aparafusamento. O tempo de ciclo de cada posto está presente na Tabela 13.

Considera-se o posto 2 e o posto 3 como sendo um único posto visto que o operador alocado ao posto 3 é responsável pelo abastecimento dos *robots* de aparafusamento que constituem o posto 2 (ver Figura 33).

Tabela 13 - Tempos de ciclo dos postos da célula de pré-montagem - produto D1

Montagem de componentes- Célula 001			
	Produto	Posto 1	Posto 2 + Posto 3
Tempo ciclo (seg)	D1	28,2	18,6

Apesar da diferença de 10,2 segundos entre o tempo de ciclo do posto 1 e 2, a distribuição do conteúdo de trabalho elaborada é a melhor tendo em conta as características da célula e das operações que o produto necessita.

No que diz respeito à montagem final (ver Figura 34), no 1º posto são colocadas e aparafusadas as duas molas no caixilho. No 2º posto lê-se e coloca-se a placa principal no caixilho, aparafusam-se dois parafusos e coloca-se uma etiqueta no aparelho.

Em seguida, no 3º posto, aparafusam-se mais dois parafusos na placa principal, coloca-se a tampa inferior e coloca-se uma borracha, designada de “bala”, que tem como função cobrir

um parafuso traseiro. O operador do 4º posto é responsável por apertar um parafuso na tampa inferior e colocar a tampa superior no aparelho.

No penúltimo posto, apertam-se dois parafusos na tampa superior, lê-se o código da blenda e insere-se a mesma no aparelho. Por fim, no 6º posto, coloca-se silicone na lateral do aparelho (ajuda à dissipação do calor gerado pelos componentes) e aparafusam-se três parafusos na chapa de refrigeração.

Na Tabela 14, podem observar-se os tempos de ciclo para cada posto da linha de montagem final, tendo em conta a distribuição de conteúdo de trabalho descrita acima e visível em detalhe na Figura 74 e Figura 75 do Anexo III - *Work Combination Table (WCT)*.

Tabela 14 - Tempos de ciclo dos postos da montagem final para o produto D1

	Produto	Montagem de componentes- Linha Montagem Final					
		Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5	Posto 6
Tempo ciclo (seg)	D1	15,6	13,8	15,6	12,6	15	16,2

No capítulo da Análise de resultados serão apresentados alguns indicadores chave de desempenho, abordados anteriormente na secção 2.6, relativos aos postos da linha de montagem final onde o novo produto foi introduzido.

5.2 Abastecimento e apresentação do material

Nesta fase já se efetuou a distribuição do conteúdo de trabalho pelos postos, sabendo-se exatamente as tarefas que vão ser executadas em cada local.

O abastecimento dos materiais à linha, isto é, o transporte dos materiais desde o armazém até ao local de produção é da responsabilidade do Departamento de Planeamento e Controlo Logístico (PC&L). O departamento de PC&L informa do início da produção de determinado produto e, conseqüentemente, é impresso um manifesto de produção que contém toda a informação sobre os materiais e as quantidades necessárias para aquele produto.

O próximo passo será determinar o material necessário para cada tarefa e definir o modo e o local no interior de cada posto (*parts presentation*) onde o mesmo será colocado.

Quando se está a definir o local do posto onde se vão colocar os componentes deve-se ter em consideração uma série de fatores, como a distância do material em relação ao operador, o peso do componente, a sobreposição de materiais e a sequência de montagem.

Por exemplo, deve-se evitar ao máximo o contacto com qualquer material suscetível de danificar as blendas, uma vez que pode causar defeitos no produto, tais como, riscos, que foi um dos problemas identificados na secção 4.3.2.

Quanto melhor o *parts presentation* dos componentes nos postos menor será a possibilidade de ocorrência destes incidentes indesejados.

Tendo em conta que a linha e a célula não foram criadas de raiz para este novo produto tentou-se adaptar ao máximo os materiais nas estruturas já existentes, quer nas bancadas quer nas rampas de abastecimento.

No primeiro posto da célula de pré-montagem são utilizados os seguintes materiais: as blendas, as lentes, as esteiras e as placas de serviço já com o botão montado. São utilizados tabuleiros de quatro unidades para as blendas e para as placas de serviço, enquanto que os restantes componentes são depositados em caixas (Figura 35).

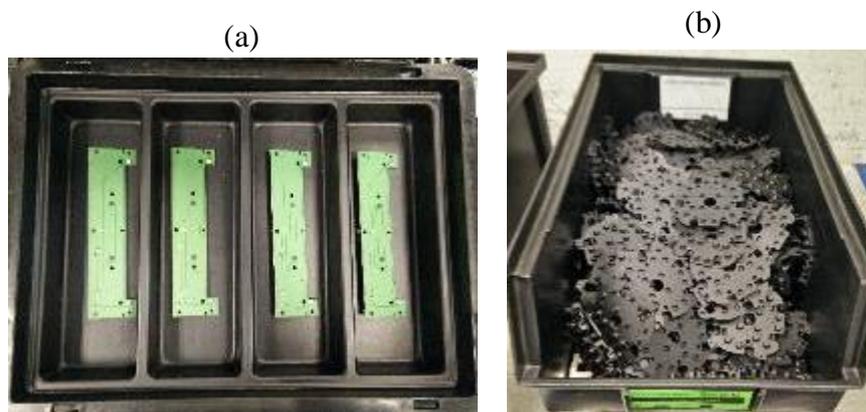


Figura 35 - (a) Tabuleiro de placas de serviço (b) Caixa de esteiras

No segundo posto estão presentes tabuleiros com capacidade para trinta e seis botões, tanto para os exteriores como para os interiores (Figura 36). Os componentes para a montagem do botão acionador vêm em caixas como a exposta na Figura 36.

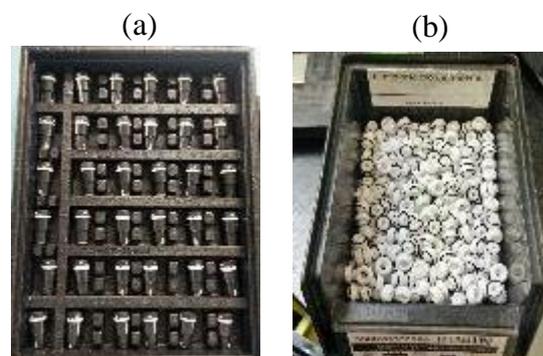


Figura 36 - (a) Tabuleiro de botões (b) Caixa do botão acionador

Segue-se agora a linha de montagem final, em que no posto 1 são utilizados os caixilhos, as molas, e os parafusos. Os caixilhos são colocados diretamente na rampa de abastecimento, enquanto que as molas e os parafusos são colocados em caixas na bancada de trabalho (Figura 37).

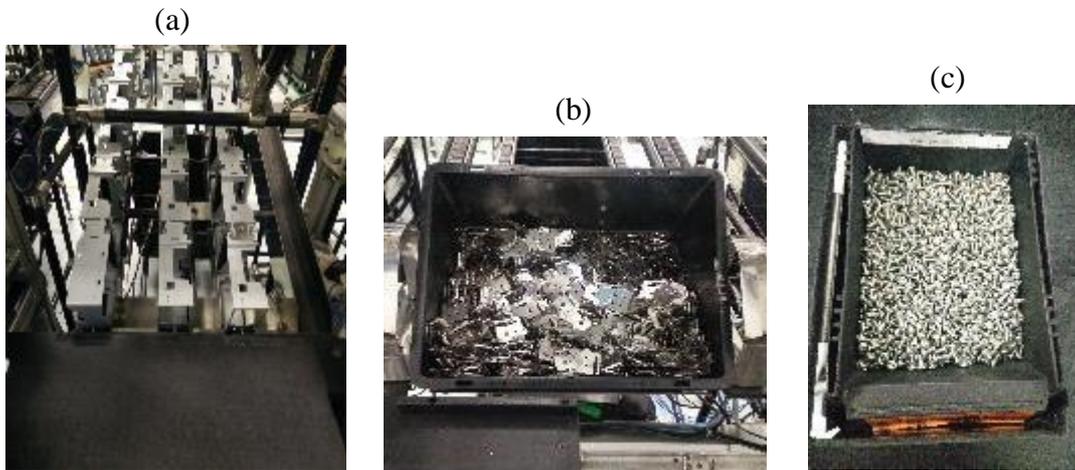


Figura 37 - Parts presentation do posto 1: (a) caixilhos (b) molas (c) parafusos

No segundo posto estão presentes as placas principais, que são apresentadas em tabuleiros de quatro unidades, os parafusos e uma impressora que imprime a etiqueta intermédia (Figura 38).

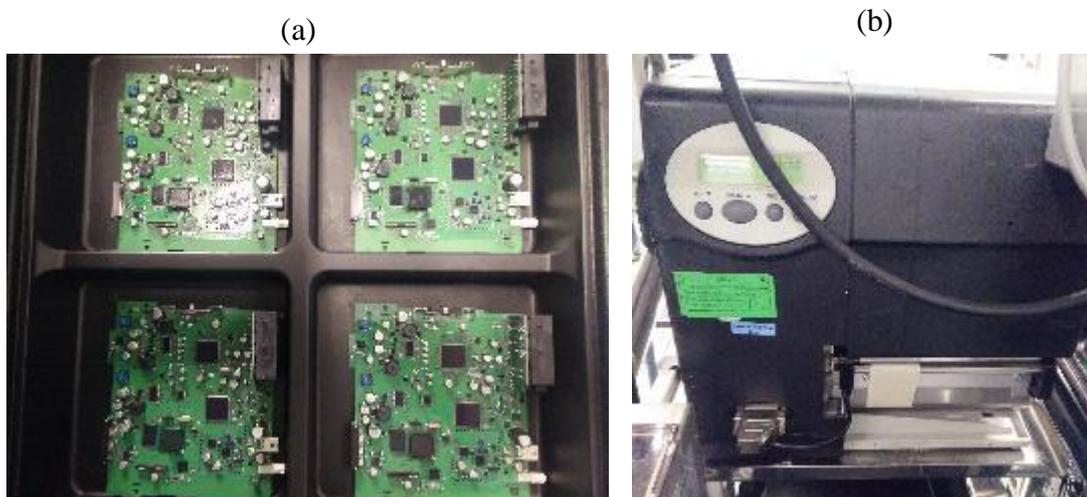


Figura 38 - Parts presentation do posto 2: (a) placas principais (b) Impressora

No posto de trabalho 3 colocam-se as tampas inferiores e a “bala”, ambas apresentadas em caixas (Figura 39).

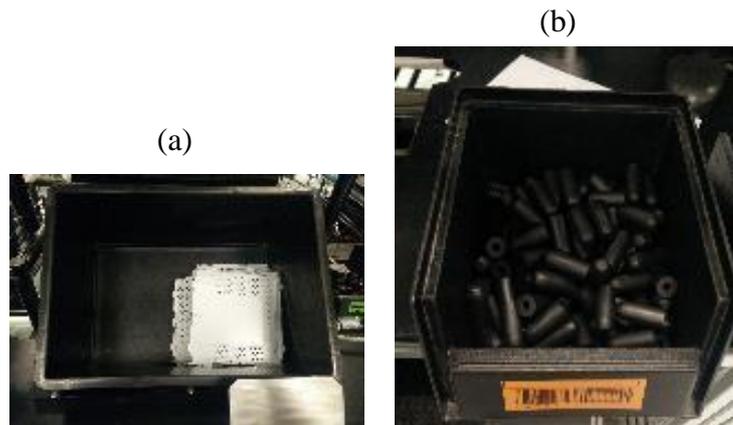


Figura 39 - *Parts presentation* do posto 3: (a) tampa inferior (b) “bala”

O posto de trabalho 4 é responsável pela colocação da tampa superior, que por ter material de dissipação de calor não pode ser depositado em caixas para não haver contacto com qualquer material. Assim, são utilizados tabuleiros de quatro unidades em que se colocam as tampas com a superfície que contém o material dissipador voltada para cima (Figura 40).



Figura 40 - *Parts presentation* do posto 4: tampa superior

No quinto posto dão entrada as blindas, provenientes da célula de *sub-assembly*, que vêm em caixas de quatro unidades cada e os parafusos (Figura 41).



Figura 41 - *Parts presentation* posto 5: blindas

Por fim, no sexto posto utilizam-se as chapas de refrigeração e os parafusos, ambos apresentados em caixas (Figura 42).

Adicionalmente, está presente na bancada um doseador para a colocação do silicone na chapa de refrigeração (Figura 42).

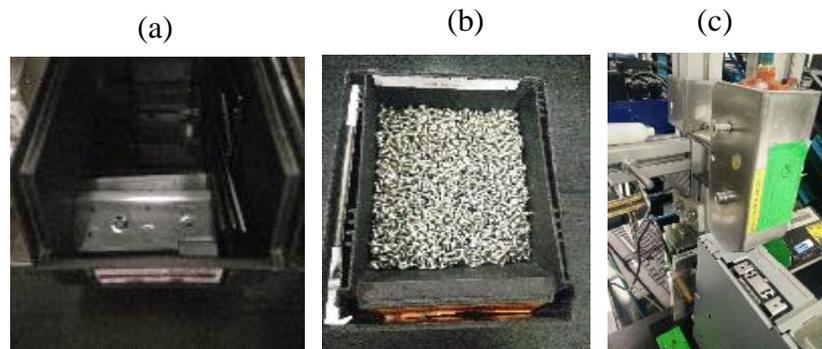


Figura 42 - (a) chapas de refrigeração (b) parafusos (c) doseador

Entre cada posto de trabalho existem bases que servem de *buffers* para uma unidade e no fim da linha existe um tapete rolante onde se colocam os aparelhos acabados (Figura 43).



Figura 43 - (a) Base intermédia entre postos (b) tapete rolante

5.3 Identificação de pontos críticos do processo

Após a realização da distribuição do conteúdo de trabalho e do *parts presentation*, o objetivo é testar a execução das tarefas de produção do artigo e determinar as mais críticas e, como tal, mais propícias ao erro. É neste contexto que a criação de mecanismos, tais como dispositivos *poka-yoke*, que diminuem a ocorrência destas situações indesejadas, assume uma importância extrema no que diz respeito à minimização da existência de erros no processo de montagem. Em todas as *workstations* foram introduzidos dispositivos que servem de base à execução das tarefas em cada posto, facilitando a sua realização através da fixação robusta dos aparelhos.

No decorrer do teste executado ao processo de *sub-assembly* identificaram-se três pontos críticos em que seria necessária a introdução de dispositivos *poka-yoke* ou de outros, como por exemplo, de melhoria tecnológica. As operações críticas identificadas foram:

- colocação da placa de serviço na prensa;
- colagem da lente na blenda;
- posicionamento da base no robot de aparafusamento.

Em seguida, apresentam-se as soluções idealizadas para cada uma das tarefas críticas referidas acima.

A prensa utilizada para introduzir o botão na placa de serviço não é de uso exclusivo de um produto, o que significa que são colocadas diversas placas de serviço de dimensões distintas na prensa. Com esta situação surgiu a necessidade de idealizar uma base que concedesse a versatilidade desejada à prensa e ao mesmo tempo evitasse o posicionamento errado das placas de serviço na base.

A base desenvolvida e apresentada na Figura 44 tem duas posições possíveis de colocação da placa de serviço, estando cada posição associada a uma placa. Para o efeito, através do *layout* das placas de serviço fez-se uma ranhura, rodeada a vermelho na Figura 44, em que a placa será colocada. Isto faz com que cada placa tenha apenas uma posição possível de encaixe na prensa, o que minimiza o risco de prensar o botão com a placa mal posicionada e diminui o tempo despendido no posicionamento correto da placa. A azul (Figura 44), tem-se a ranhura para outro tipo de placa de serviço.

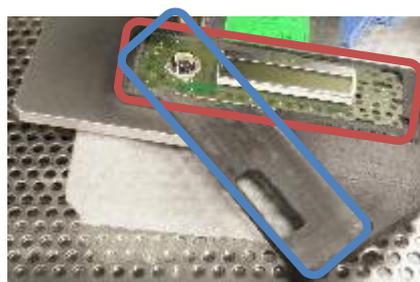


Figura 44 - Base da prensa

Para a colagem da lente na blenda é necessário que a blenda esteja posicionada da maneira exposta na Figura 45 e que permita ao operador colocar a lente sem que a blenda se mova. Para tal criou-se uma base fixa à bancada, visível na Figura 45. Esta base foi desenvolvida com o intuito de permitir apenas uma posição de encaixe e de fornecer suporte à colagem da lente, eliminando a possibilidade de haver movimentações da blenda no momento da colagem.



Figura 45 - Base para colocação da lente

Esta situação não se mostrou eficaz na garantia de uma boa colagem da lente, uma vez que a força que a operadora exercia na colagem era um fator variável, resultando em bons e maus resultados. Foi necessário intervir nesta operação com o intuito de assegurar que a força necessária para a colagem era atingida de forma constante.

Assim, a solução idealizada foi a criação de uma prensa (Figura 46) em que o operador coloca a blenda já com a lente colocada e depois fecha a prensa para garantir que se exerceu a força necessária para uma boa fixação da lente.

Os círculos representados na base da prensa na Figura 46 são borrachas que têm como objetivo amortecer a blenda quando a prensa realiza a pressão na lente evitando desta forma a ocorrência de danos.

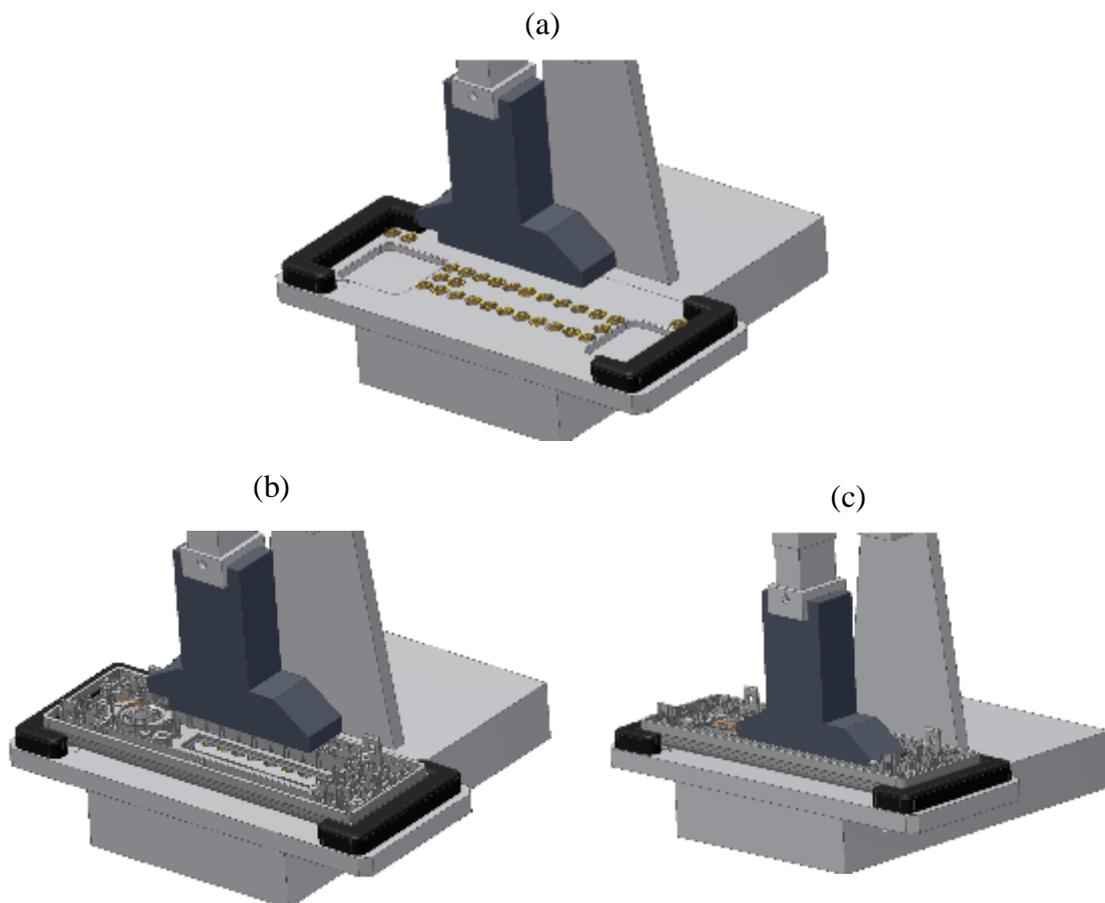


Figura 46 - (a) prensa (b) início de operação (c) fim de operação

Para a operação de aparafusamento foram desenhadas bases específicas cujo objetivo é fornecer estabilidade durante o processo, isto é, não permitir oscilações da placa de serviço. Esta base (Figura 47) foi alvo de alguns ajustes resultantes de várias observações diretas do aparafusamento da placa em que se registavam oscilações que comprometiam o processo, resultando no mau aparafusamento e, em casos mais extremos, na danificação das placas. As melhorias na base consistiram em adicionar borrachas amortecedoras nas zonas assinaladas a vermelho na Figura 47, o que concedeu uma maior estabilidade à placa durante o processo de aparafusamento.



Figura 47 - Base de aparafusamento-produto D1

O operador poderia colocar a base de aparafusamento no *robot* da forma errada, uma vez que era possível colocar a base de diversas maneiras. A solução encontrada passou por criar um pino de encaixe na base do *robot* que coincidissem com uma abertura na base de aparafusamento e que obrigasse o operador a colocar a base sempre da mesma forma, a correta.

Adicionalmente, preparou-se o *robot* para iniciar o aparafusamento apenas após a leitura de um código 2D impresso na placa sendo que a leitura do código só é possível quando a placa está bem colocada, visível na Figura 48.

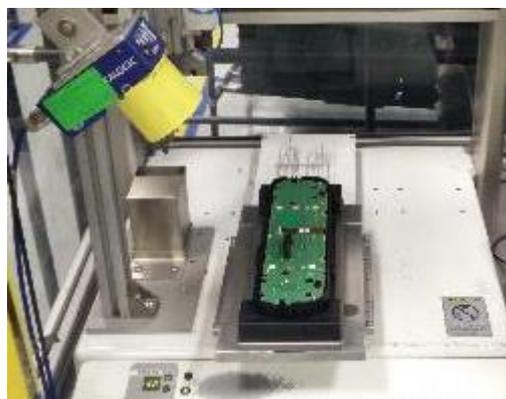


Figura 48 - Leitura do código 2D

A análise anteriormente exposta e relativa à célula de *sub-assembly* foi executada da mesma forma aos postos da linha de montagem final. Foram identificados os principais pontos críticos de cada posto e foram tomadas ações interventivas para a sua resolução.

O dispositivo introduzido no primeiro posto (Figura 49) obriga à colocação do caixilho numa posição específica permitindo, após o caixilho ter sido introduzido, que o operador rode o dispositivo para a colocação das molas.



Figura 49 - Dispositivo posto 1-produto D1

O mecanismo só permite ao operador remover o caixilho e passá-lo para o posto seguinte quando os parafusos são bem apertados, garantia dada pelo sinal verde exibido no ecrã do posto (Figura 50).

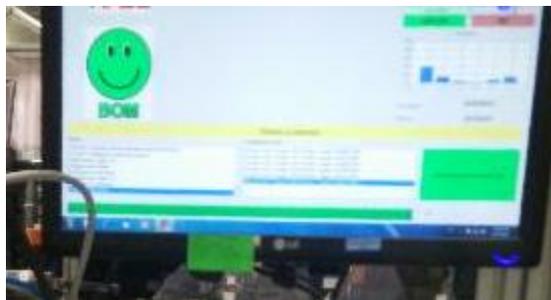


Figura 50 - Exemplo de sinal de bom aparafusamento

No posto 2, em que a operação principal é o aparafusamento de dois parafusos na placa principal, o importante é assegurar que os parafusos são colocados nos sítios corretos. Para tal, após a placa principal ser inserida no caixilho fecha-se a tampa do dispositivo. Colocaram-se aberturas cónicas nos locais da tampa onde é necessário efetuar o aparafusamento, assinalando os mesmos a vermelho na Figura 51. Também, de acordo com a sequência com que os parafusos devem ser inseridos acendem-se luzes verdes nas aberturas cónicas mencionadas anteriormente.

Tal como no posto anterior, só é possível abrir a tampa do dispositivo quando os parafusos estão bem colocados. Quando os parafusos são mal colocados o operador retira o parafuso e envia para a reparação.

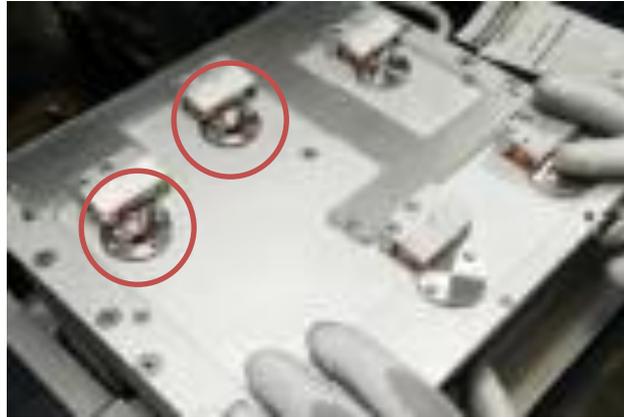


Figura 51 - Tampa do dispositivo de aparafusamento-posto 2

O mecanismo do terceiro posto é semelhante ao colocado no posto 2, com a alteração dos locais onde se inserem os parafusos e, portanto, funciona da mesma forma.

No quarto posto o dispositivo consiste numa simples base desenhada de forma a que seja possível colocar o aparelho nas posições necessárias para as tarefas do posto.

Quando o aparelho é colocado no posto, é efetuada uma leitura automática do mesmo, situação que só ocorre quando é colocado na posição correta (Figura 52). Logo, caso a leitura do código não seja bem-sucedida, o operador é alertado através de um sinal visual vermelho e de um sinal sonoro para inserir o aparelho na posição correta.



Figura 52 - Dispositivo do posto 4

Foi colocada uma base no quinto posto semelhante à do posto anterior com a diferença de que esta possui uma abertura que possibilita a colocação do aparelho na vertical para a inserção da blenda no conjunto (Figura 53).



Figura 53 - Dispositivo do posto 5

Por fim, a base colocada no último posto tem como função conceder estabilidade para o aparafusamento da chapa de refrigeração, colocada no local assinalado a vermelho na Figura 54, e garantir que os parafusos foram bem apertados (Figura 54). Para o efeito, após o aparelho ser introduzido na base, o mesmo é bloqueado até o sinal verde visível no ecrã indicar o bom aparafusamento.



Figura 54 - Dispositivo posto 6: (a) local colocação da chapa (b) aparafusamento

Como perceptível pela descrição feita anteriormente, os dispositivos estão equipados com vários sensores de presença e movimento que alertam o operador caso o posicionamento dos componentes não seja o correto. Os mecanismos que possuem máscaras de aparafusamento além de permitirem que seja absolutamente claro qual a sequência e os locais onde deve ser feito o aparafusamento, evitam a queda de parafusos para o interior dos aparelhos.

5.4 Testes de tensão às placas (Strain Gage Measurement-SGM)

A etapa que irá ser descrita neste subcapítulo, o teste de tensão às placas também designado de *Strain Gage Measurement*, é crucial para a validação do processo de produção. Este teste avalia essencialmente o risco de ocorrência de quebra de componentes da placa de circuitos (PCB) através de diferentes tipos de tensão, tais como:

- **Stress mecânico** - Os componentes da placa de circuitos, como por exemplo os condensadores, podem quebrar mecanicamente quando sujeitos a tensões prolongadas

ou quando o PCB é dobrado. As placas estão sujeitas a este tipo de tensão em vários processos, nomeadamente o de *Blade Singulation* e o de aparafusar.

- **Impacto mecânico** – tal como na tensão mecânica, neste tipo de tensão devido ao impacto os componentes do PCB podem ser danificados. Pode ocorrer em processos em que a placa está sujeita a quedas, ferramentas afiadas e ainda quando é colocada em dispositivos que fecham, ficando o PCB no seu interior. Como exemplos destes processos tem-se o *Clinch*, o aparafusamento e situações em que as placas são manuseadas pelo operador.
- **Stress térmico** – quando um componente é sujeito a mudanças repentinas de temperatura como no processo de soldadura, pode originar-se um gradiente de temperatura (as extremidades da placa sofrem a mudança de temperatura mais rápido do que o interior). O risco de o PCB ser danificado devido ao stress térmico aumenta com o aumento da diferença de temperatura entre exterior e interior da placa.

A unidade mais usual na avaliação da deformação provocada pelas tensões acima descritas, é o *microstrain*. Existem valores limite relativamente às tensões a que as placas podem estar sujeitas sem que haja a possibilidade de ocorrer os danos mostrados anteriormente.

O valor máximo recomendado, de acordo com a norma utilizada na Delphi, é de 450 *microstrain* sendo que acima deste valor é necessário parar a produção e rever o processo de modo a baixar o valor das tensões a que o PCB está sujeito para valores abaixo do limite estabelecido.

Para a realização do teste seleccionam-se os pontos mais críticos da placa e que servem de referência para todos os constituintes, como por exemplo os condensadores, e colocam-se todos os sensores necessários junto a estes componentes (Figura 55).

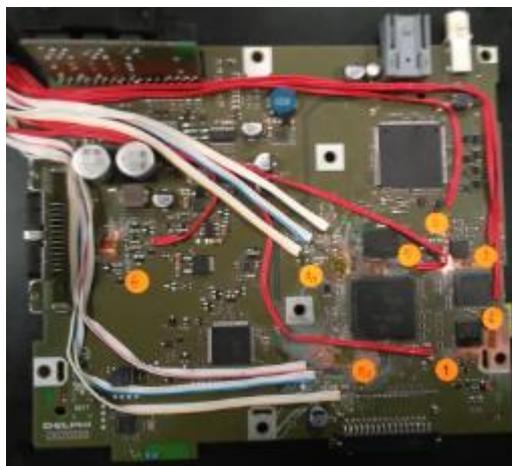


Figura 55 - Posicionamento dos sensores

Após a colocação dos sensores, simula-se o processo de montagem enquanto as tensões a que a placa está a ser submetida são gravadas para serem analisadas posteriormente.

Na Figura 56, podem-se observar os resultados do *Strain Gage Measurement* em que se verifica que o processo não ultrapassa o valor máximo recomendado, não sendo necessário fazer modificações ao mesmo.

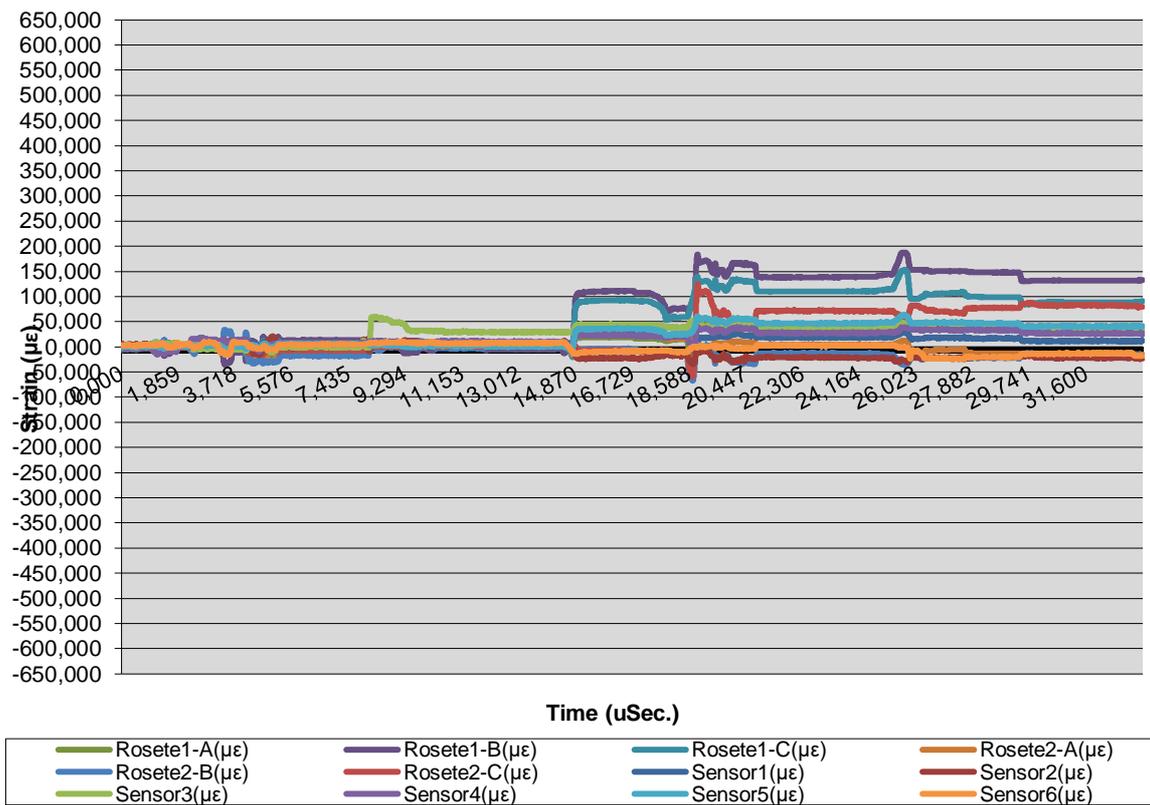


Figura 56 - Resultados do teste de tensão à placa

5.5 Elaboração das instruções de trabalho

Após a aprovação de todo o processo é necessário garantir que todos os operadores executam as tarefas da maneira correta. Para isso, é crucial elaborar instruções de trabalho e disponibilizar as mesmas para os trabalhadores afetos à célula de modo a que as normas de produção *standard* para o produto sejam respeitadas.

Nas instruções de trabalho, exemplificado na Figura 57, estão presentes a sequência das operações, sinalizadas a vermelho na Figura 57, imagens ilustrativas que auxiliam o operador na execução das tarefas, bem como, os movimentos (*motions*), a azul, e os tempos associados, a verde.

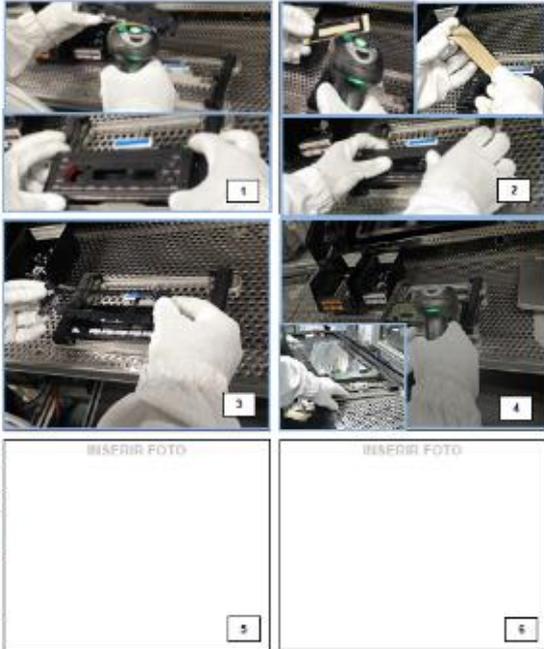
Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho																											
Effective Date: / Data Efectiva: 10-02-2017		Content: / Conteúdo: Produto D1.SUBASSY/TRIMPLATES.P1				Content: / Conteúdo: Retirado Data: / Data de Retirado: 10-02-2017				Page 1 de 3																	
Processo / Modelo: Produto D1.SUBASSY/TRIMPLATES.P1					Notas importantes: SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE																						
Lugar: 9º																											
Ref. Doc.: _____																											
Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">BARRAS</th> <th colspan="3">BARRAS</th> </tr> <tr> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>13</th> <th>14</th> <th>15</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #e8f5e9;">10</td> <td style="background-color: #e8f5e9;">11</td> <td style="background-color: #e8f5e9;">12</td> <td style="background-color: #e8f5e9;">13</td> <td style="background-color: #e8f5e9;">14</td> <td style="background-color: #e8f5e9;">15</td> </tr> </tbody> </table>										BARRAS			BARRAS			10	11	12	13	14	15	10	11	12	13	14	15
BARRAS			BARRAS																								
10	11	12	13	14						15																	
10	11	12	13	14						15																	
1	PEGA NA BLENDA E LÊ CÓDIGO DE BARRAS (FOTO 1)									5	3,0																
2	COLOCA BLENDA NA BASE (FOTO 1)									2	1,2																
3	LIMPAR BLENDA COM PISTOLA DE AR IONIZADO									5	3,0																
4	PEGA NA LENTE E LÊ CÓDIGO DE BARRAS (FOTO 2)									5	3,0																
5	RETRA PELÍCULA DA LENTE (FOTO 2)									2	1,2																
6	COLOCA LENTE NA BLENDA (FOTO 2)									3	1,8																
7	POSICIONA BLENDA									2	1,2																
8	LIMPAR BLENDA COM PISTOLA DE AR IONIZADO									5	3,0																
9	RETIRA SUPORTE DE TECLAS									4	2,4																
10	PEGA NA ESTEIRA E COLOCA NA BLENDA (FOTO 3)									3	1,8																
11	PEGA PLACA DE SERVIÇO E LIMPA COM PISTOLA									2	1,2																
12	MONTA PLACA DE SERVIÇO NA BLENDA									5	3,0																
13	LÊ CÓDIGO 2D DA PLACA DE SERVIÇO (FOTO 4)				2	1,2																					
14	COLOCA BLENDA NA RAMPA (FOTO 4)				2	1,2																					
15																											
16																											
17																											
Total:					47	28,2																					
Realizado por:		Verificado por:		Aprovado por:																							
Data: 10-02-2017																											
Plano: 01																											
Nome: Hugo Mendes																											

Figura 57 - Instrução de trabalho do produto D1 para o posto 1 da célula de pré-montagem

Todas as instruções de trabalho referentes aos postos de trabalho do novo produto estão presentes no Anexo V - Instruções de trabalho do produto D1 e foram elaboradas pelo autor da dissertação.

6 PROPOSTAS DE MELHORIA E AÇÕES IMPLEMENTADAS

No presente capítulo serão apresentadas as propostas de melhoria elaboradas em resposta aos problemas reconhecidos previamente, assim como outras ações como a industrialização de um novo produto.

6.1 Informatização das instruções de trabalho e criação de normas de designação

Como mencionado anteriormente na secção 4.3.1, verificou-se a inexistência de um *standard* nos nomes atribuídos às instruções de trabalho. Assim, com o objetivo de facilitar a pesquisa e a criação das instruções de trabalho adotou-se uma norma para a atribuição da designação de cada instrução.

Os parâmetros a considerar na atribuição do nome são:

- Marca
- Modelo
- Submodelo (Variantes)
- Processo
- Tipo de placa
- Posto de trabalho

Os campos gerais que devem constituir as designações das instruções são os acima enumerados e devem ser separados com “.”. Dentro do mesmo campo deve usar-se “/” para diferenciar e o tipo de placa deve ser associado ao processo através de “-“. Deve seguir-se sempre que possível a nomenclatura definida, isto é, Marca.Modelo.Variante.Processo-Placa.Posto.

As indicações gerais para a atribuição dos nomes são as expostas acima, existindo, no entanto, exceções à regra. Por exemplo, no caso de se tratar de uma instrução de trabalho da montagem final não faz sentido colocar o campo “tipo de placa” pois faz-se a montagem das várias placas do aparelho, daí este ser omitido nestas instruções.

As instruções de trabalho realizadas após esta mudança de nomenclatura já respeitam a norma, nomeadamente as instruções criadas pelo autor para o novo produto, como exposto na secção 5.5.

A segunda parte da proposta diz respeito à informatização das instruções de trabalho e respetiva conexão com os postos de trabalho.

Atualmente, as instruções de trabalho estão disponíveis em formato de papel para consulta em cada posto de trabalho. O objetivo é a criação de um *software* universal para a elaboração de instruções de trabalho que seja capaz de em simultâneo com as tarefas realizadas pelos operadores mostrar no ecrã do posto de trabalho a instrução para a tarefa em causa. Foi desenvolvido pelo autor, em conjunto com um engenheiro informático da empresa, um *software* capaz de realizar o que foi idealizado, criar instruções de trabalho e disponibilizá-las nos postos de trabalho. Em seguida será feita uma breve descrição do seu funcionamento.

Quando se executa o programa, a janela que surge é a apresentada na Figura 78 do Anexo IV - *Software* do trabalho normalizado, onde o utilizador pode escolher a área, o processo, o posto de trabalho e o nome da instrução de trabalho. Após a introdução destes dados que caracterizam a instrução de trabalho, é atribuído automaticamente um número ao documento que serve de identificação no sistema.

Em seguida, tem-se o preenchimento das tarefas do processo em causa, a atribuição das *motions* (ver Tabela 10) e a colocação de imagens de modo a facilitar o seu entendimento por parte dos operadores. É possível definir alertas sonoros e luminosos para despertar especial atenção do operador para determinada tarefa mais crítica.

A conexão da instrução de trabalho com a execução das tarefas na produção é conseguida através das leituras dos códigos dos produtos e da interligação com os equipamentos como, por exemplo, as aparafusadoras.

O *software* encontra-se em funcionamento em todos os postos de trabalho com computador e a partir do momento em que é feita a leitura do produto, a instrução correspondente é automaticamente mostrada no ecrã.

6.2 Balanceamento para o produto E

Para realizar o balanceamento do produto E, realizaram-se várias observações diretas no chão de fábrica, tendo-se registado os tempos medidos e elaborado uma *Work Combination Table* com os tempos de processamento, antes das alterações, de cada posto.

Na Tabela 15 encontram-se listadas as operações principais de cada posto, assim como as alterações efetuadas com o novo balanceamento. As alterações surgiram devido às observações no chão de fábrica, realizadas pelo autor, que levaram à identificação de atividades que não acrescentam valor ao produto. Na WCT presente na Figura 70 e Figura 71 do Anexo III - *Work Combination Table* (WCT), podem ser consultadas todas as atividades

associadas à montagem dos componentes para o artigo E e os respetivos tempos para cada operação.

Tabela 15 - Comparação do antes e depois das operações do produto E

Posto (Work Station)	Antes	Depois
1	Pega mecanismo e retira do saco	Leitura automática da <i>bracket</i>
	Insera cabo no mecanismo	
	Lê e insere <i>bracket</i> no mecanismo	
	Aparafusa 2 parafusos	
2	Pega <i>SD Card</i>	Leitura automática do <i>SD Card</i>
	Destaca <i>keyboard</i> da <i>SD Card</i>	
	Aparafusa 3 parafusos	
3	Monta PCB na <i>bracket</i>	Retirado um parafuso do caixilho para a WS4
	Monta caixilho	
	Retira <i>Most</i>	
	Aparafusa 2 parafusos	
4	Pega na blenda	Retirados os dois parafusos da blenda
	Aparafusa 2 parafusos na blenda	
	Monta blenda com o caixilho	Adicionado um parafuso do caixilho
	Aparafusa 3 parafusos no caixilho	
5	Coloca tampa superior	Sem alterações
	Aparafusa 4 parafusos	
6	Aparafusa 6 parafusos	Sem alterações
	Coloca etiqueta	

As modificações realizadas no produto E visaram o número de componentes colocados, a alteração de posto onde as operações de aparafusamento são realizadas e a eliminação de algumas atividades que não acrescentam valor ao produto, tais como, leituras de produtos.

Nos dois primeiros postos da linha de montagem do produto E é necessário efetuar a leitura de dois componentes, a *bracket* e o *SD Card*, colocados no posto 1 e 2, respetivamente. A leitura destes códigos é uma atividade que não acrescenta valor ao artigo, no entanto, a eliminação da mesma não é uma opção. Não podendo excluir esta leitura, o que se fez foi limitar ao máximo possível o seu impacto no tempo de ciclo da linha.

A solução delineada para o efeito foi a transformação das leituras manuais, anteriormente realizadas pelos operadores, em leituras automáticas realizadas por sensores estrategicamente colocados. Assim, quando o operador inicia a montagem, a leitura dos componentes, neste caso específico a *bracket* e o *SD Card*, é efetuada automaticamente sem que o operador execute movimentos extra.

O conteúdo de trabalho do posto 4 alterou-se devido à remoção dos dois parafusos que se colocavam na blenda e, cujo propósito, era a fixação da mesma com o caixilho. A remoção dos dois parafusos foi decidida pela equipa de desenvolvimento da Delphi que, após uma análise ao produto, concluiu que a fixação mecânica através de *snap*s laterais era suficiente, não havendo necessidade de continuar com a fixação por meio de parafusos.

Uma vez que se retirou conteúdo de trabalho do posto 4, decidiu-se transferir o aparafusamento de um parafuso do caixilho, anteriormente executado no posto 3, para o posto 4.

Nos restantes postos, 5 e 6, não se realizaram alterações ao conteúdo de trabalho ficando exatamente com a mesma carga de trabalho que já possuíam antes do novo balanceamento.

Idealizadas as mudanças, seguiu-se a implementação das mesmas na linha de produção tendo-se obtido, por observações diretas, os tempos presentes na Tabela 16.

Tabela 16 - Comparação dos tempos de processamento

	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5	Posto 6	TC
Antes	28,2	27	27,6	28,8	24	26,4	28,8
Depois	26,4	26,4	24,6	22,2	24	26,4	26,4

Observando os tempos de processamento do antes e depois da introdução das alterações ao conteúdo do trabalho dos postos, verifica-se rapidamente que houve uma diminuição do tempo de ciclo da linha. Na secção 7.2, será feita uma análise a esta melhoria em termos de tempo de ciclo recorrendo a indicadores chave de desempenho, de modo a demonstrar os ganhos obtidos com o rebalanceamento do produto.

6.3 Implementação de um sistema de limpeza de blendas

A proposta de implementação de um sistema de limpeza de blendas surgiu após a identificação de um problema de qualidade, especificamente a má limpeza dos componentes

mencionada na secção 4.3.2. O objetivo que se pretende atingir com a introdução deste sistema na célula de produção é a redução do número de aparelhos que são sinalizados como “maus” no controlo de qualidade, nomeadamente na inspeção visual e, desta forma, aumentar a satisfação do cliente.

As funcionalidades gerais que o equipamento deve possuir para atingir o objetivo exposto anteriormente são as apresentadas ao longo dos próximos parágrafos.

Pretende-se que o sistema a ser introduzido, e representado na Figura 58, seja capaz de limpar uniformemente os componentes que, atualmente, são limpos manualmente, nomeadamente, as blindagens e os PCB's do produto B.

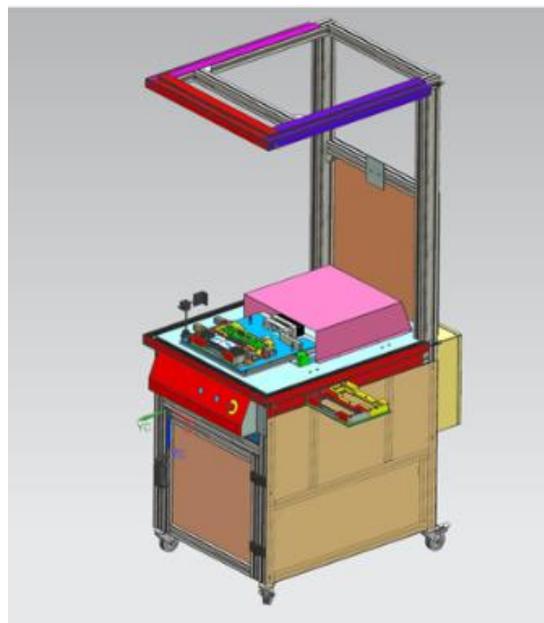


Figura 58 - Esboço do Sistema de limpeza-visão geral

O sistema idealizado terá como dimensões, 200 cm de altura, 80 cm de largura e 114 cm de profundidade. O sistema será capaz de remover partículas dos componentes através de um sopro ionizado aplicado uniformemente e, em simultâneo, aspirar as partículas levantadas pelo sopro e depositá-las num recipiente próprio. O sistema de sopro ionizado está rodeado a azul na Figura 59.

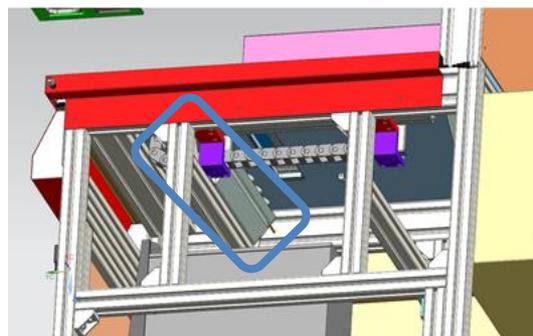


Figura 59 - Esboço do Sistema de limpeza-visão

A integração de um equipamento de aspiração, assinalado a verde na Figura 60, é necessária para que após o sopro, que faz com que as partículas deixem de estar agarradas aos componentes, as partículas não se depositem novamente. Isto é conseguido através da sucção coordenada com o sopro, pretendendo-se que exista a possibilidade de regular o tempo de cada ciclo de sopro/sucção num intervalo de até um minuto de funcionamento.



Figura 60 - Esboço do sistema de limpeza-visão interior da aspiração

A ação de limpeza deve ser feita em cada ciclo de máquina para uma blindagem e um PCB em simultâneo, sendo essencial a fixação dos componentes à base durante a limpeza. As bases deverão ser intermutáveis, pois os componentes são diferentes consoante o produto, e o sistema deve ser flexível.

Terá de existir uma leitura do código das bases que confirme que estas são as corretas para os componentes que vão ser limpos no ciclo seguinte; caso não sejam o sistema não deve iniciar a limpeza.

Devido à necessidade de manter a rastreabilidade dos componentes, a máquina deve estar equipada com um scanner fixo de modo a que seja o operador a levar o componente de encontro ao scanner. A localização do *scanner* está assinalada a amarelo na Figura 61.

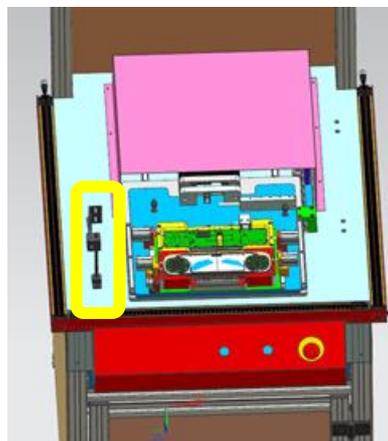


Figura 61 - Esboço do Sistema de limpeza-localização do scanner

Adicionalmente, é necessário que a máquina seja capaz de mostrar o produto que está a ser limpo, assim como o tempo de cada ciclo. Estas informações serão visíveis num monitor logo após a primeira leitura do código de um dos componentes a ser limpo.

Nesta etapa, em que já estão definidas as funcionalidades que o sistema deve possuir é o momento de avançar para a compra do equipamento e reajustar a distribuição do conteúdo de trabalho da célula com a implementação da limpeza de blendas automática.

Para redistribuir o conteúdo de trabalho da célula elaborou-se uma *Work Combination Table* (WCT) para o produto em causa que pode ser consultada na Figura 77 do Anexo III - *Work Combination Table* (WCT).

As listas de operações do processo, tendo em conta se a limpeza é manual ou automática, estão presentes, respetivamente, na Tabela 17 e Tabela 18.

Para uma melhor perceção do conteúdo de trabalho para a limpeza automática deve visualizar-se a Figura 62 para se perceber onde se encontram os locais mencionados na Tabela 18.

Tabela 17 - Lista de operações do posto 1 da célula (limpeza manual)

Operações Posto 1	<i>Motions</i>	<i>Sec</i>
Pegar e colocar base de aparafusamento na bancada	3	1,8
Pegar e ler a blenda	4	2,4
Colocar blenda na base	2	1,2
Limpar blenda com ar ionizado	7	4,2
Pegar e colocar as duas esteiras na blenda	8	4,8
Pegar e ler PCB	4	2,4
Retirar película do PCB	2	1,2
Limpar PCB com ar ionizado	7	4,2
Colocar PCB na blenda	2	1,2
Colocar conjunto montado na base para o posto seguinte	2	1,2
Total		24,6

A lista de operações do posto 1 para a limpeza automática é a apresentada na Tabela 18.

Tabela 18 - Lista de operações do posto 1 da célula (limpeza automática)

Operações Posto 1	<i>Motions</i>	<i>Sec</i>
Retira BASE A do sistema de limpeza para o local 2	4	2,4
Ler blenda B	4	2,4
Colocar blenda B na BASE B (local 3)	2	1,2

Operações Posto 1	<i>Motions</i>	<i>Sec</i>
Ler PCB B	4	2,4
Retirar película do PCB B	2	1,2
Colocar PCB B na BASE B (local 3)	2	1,2
Colocar BASE B no sistema de limpeza	4	2,4
Limpeza automática da blenda e do PCB B		10
Transferir conjunto da BASE A para a base de aparafusamento	2	1,2
Pegar e colocar esteiras na blenda A	8	4,8
Colocar PCB na blenda A	2	1,2
Colocar base de aparafusamento com conjunto montado para o posto seguinte	2	1,2
Pegar e colocar base de aparafusamento no local 1	3	1,8
Colocar BASE A no local 3	2	1,2
	Total	24,6

O próximo passo será dar formação aos operadores sobre a utilização do novo equipamento de modo a que a transição de limpeza manual para automática seja o mais breve possível.

Como se pode ver ao analisar as duas situações, limpeza manual e automática, o tempo de ciclo não sofre alterações, permanecendo 24,6 segundos com a mudança para a limpeza automática. No entanto, existem alterações nas operações e na sequência das mesmas, daí a necessidade de realizar formações para os operadores terem conhecimento das alterações efetuadas.

Na secção 7.3, será feita uma avaliação do impacto da implementação do sistema de limpeza automática das blindas, a nível quantitativo e qualitativo, tendo em conta os tempos de ciclo estimados e as melhorias esperadas a nível do controlo da qualidade.

A introdução de um equipamento novo numa célula de produção pode exigir uma reestruturação da célula a nível de posicionamento dos postos, abastecimento de materiais e movimentações dos operadores.

Para a futura implementação do sistema de limpeza ajustou-se o *layout* da célula, tendo-se definido a localização da máquina, as movimentações do operador do posto 1 (o posto 2 permanece inalterado), os locais das rampas de abastecimento dos materiais e os três locais designados anteriormente na secção 6.3 quando se determinou o conteúdo de trabalho do primeiro posto.

Na Figura 62 está representada a proposta elaborada, em que se pode ver a localização do sistema de limpeza, assim como os locais 1,2 e 3, representados a verde, laranja e amarelo, respetivamente.

Adicionalmente, junto ao posto 1 (P1) estão localizadas as rampas de abastecimento dos materiais, nomeadamente das placas de serviço, esteiras e blindas. A cinzento na Figura 62 está representado o local de abastecimento das placas de serviço e esteiras, enquanto que, a azul escuro tem-se o local designado para as blindas.

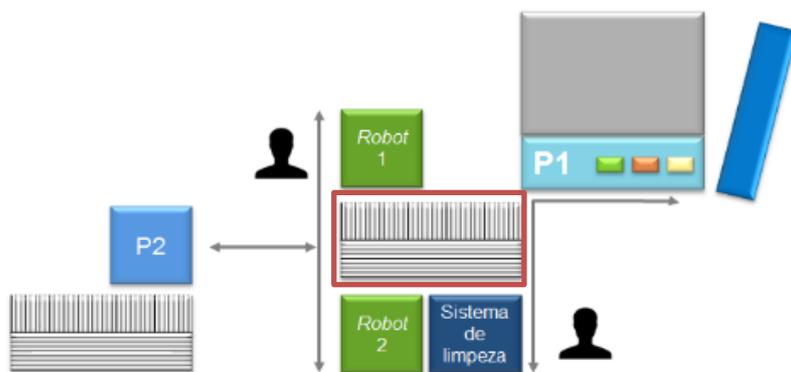


Figura 62 - Implantação proposta para a célula de pré-montagem de blindas (L-TRIM-001)

De acordo com as dimensões do sistema de limpeza será necessária a colocação de rampas de abastecimento aos *robots* e de retorno das bases de aparafusamento com dimensões superiores às atuais, retângulo vermelho da Figura 62. O aumento terá de ser de 115 cm, que é o tamanho correspondente ao comprimento do sistema de limpeza.

6.4 Resumo das propostas de melhoria

Na Tabela 19, resume-se os problemas identificados e abordados na tese assim como as respetivas propostas e ações implementadas.

Tabela 19 - Problemas identificados vs propostas de melhoria

Problema/Oportunidade	Área afetada/Produto	Propostas de melhoria
Instruções de trabalho desatualizadas	Geral	Informatização e <i>standardização</i> das Instruções de trabalho
Rebalanceamento do conteúdo de trabalho	Linha de Montagem final/Produto E	Eliminação de atividades que não acrescentam valor e reorganização do conteúdo de trabalho
Defeitos nas blindas	Célula de <i>sub-assembly</i> /B	Implementação de um sistema de limpeza automática de blindas

Além das propostas presentes na Tabela 19, menciona-se a industrialização do produto D1, descrita na secção 5 e um dos objetivos principais da dissertação.

7 ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo proceder-se-á à avaliação dos resultados obtidos e estimados com as propostas e ações implementadas, através da apresentação de indicadores chave de desempenho e da sua representatividade em valores monetários.

7.1 Industrialização do produto D1

A introdução do produto D1 no processo produtivo foi concluída com sucesso, tendo-se conseguido atingir o que tinha sido proposto inicialmente.

Serão produzidos anualmente cerca de 20.000 aparelhos, sendo que o *takt-time* é de aproximadamente 6 minutos por unidade.

Os tempos de ciclo dos postos estão a ser cumpridos de acordo com o que foi estabelecido nas Instruções de Trabalho, 28,2 segundos para a pré-montagem e 16,2 segundos para a montagem final. O cumprimento dos tempos de ciclo deve-se às formações dadas a todos os operadores que trabalham com o produto e a todos os dispositivos introduzidos e melhorias realizadas, que funcionam e cumprem o seu propósito.

Tendo em conta o baixo volume anual não existe necessidade de produzir o aparelho ininterruptamente durante as 8 horas do turno, mas se a empresa tivesse interesse em produzir de uma só vez toda a quantidade anual, quinze turnos de trabalho de 8 horas seriam suficientes.

7.2 Balanceamento para o produto E

Os resultados obtidos com o rebalanceamento do produto E estão expostos na Tabela 20, em que se verifica uma diminuição do tempo de ciclo em 2,4 segundos, o que se traduz numa melhoria da eficiência, numa melhor distribuição do conteúdo de trabalho e do output diário da linha.

Todos os cálculos utilizados para construir a Tabela 20 podem ser consultados no Anexo VI - Cálculo dos indicadores de desempenho produto E.

Assumiu-se uma eficácia operacional de 90% para ambas as situações e considerou-se que o tempo disponível para produção era de 7,7 horas/turno.

Tabela 20 - Comparação de indicadores de desempenho produto E

	T_C	E	I_p	T_D	n	Turnos/dia	$P_{diária}$	P_r
Antes	28,8	93,75	5,30				5.197	112,49
Depois	26,4	94,70	5,16	7,7	6	2	5.670	122,73
Ganho	-2,4	0,95	0,14				473	10,24

Tendo em conta o volume de produtos afetados pelas alterações (Tabela 23 do Anexo VI - Cálculo dos indicadores de desempenho produto E), seguem as poupanças apresentadas na Tabela 21 e que dizem respeito aos próximos 5 anos.

Os valores apresentados da poupança em tempo de ciclo foram calculados através de uma ferramenta interna da Delphi - por motivos de confidencialidade não serão apresentadas as fórmulas de cálculo.

A ferramenta faz uso de taxas de custo por processo e pessoa considerando todos os fatores inerentes à produção do artigo. Pode ser consultado no Anexo VII - Ecrã inicial da ferramenta da Delphi, uma imagem do ecrã final da ferramenta em que são apresentados os valores da linha “poupança em tempos de ciclo” da Tabela 21.

Tabela 21 - Poupanças monetárias com o balanceamento proposto para o produto E

Poupança (em euros)	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Poupança em tempo de ciclo	73.015	73.479	105.302	87.052	68.454	407.302
Poupança em material	17.840,78	17.669,60	24.882,34	20.182,05	15.580,27	96.155,03
Total	90.855,78	91.148,60	130.184,34	107.234,05	84.034,27	503.457,03

Como é possível verificar pela Tabela 21, considerando a poupança em tempos de ciclo, a poupança em material (redução de dois parafusos por aparelho) e o facto de não se terem efetuado investimentos, consegue-se uma poupança de cerca de 504 mil euros num horizonte temporal de 5 anos.

7.3 Introdução do sistema de limpeza de blindas

O impacto real da implementação do sistema de limpeza em relação aos resultados obtidos na inspeção visual não é possível apresentar, pois o sistema ainda não foi entregue pelo fornecedor que ficou a cargo da sua construção mediante as configurações apresentadas anteriormente na secção 6.3.

Os custos das reclamações obtidas pelo cliente, ao longo dos cinco meses de inspeção visual a 100% considerados na secção 4.3.2, ascendem aos 10.781 euros, mas não avaliam o impacto negativo na relação Delphi-Cliente.

O sistema de limpeza que custará cerca de 40.000 euros será aplicado, inicialmente, apenas ao produto B, mas tenciona-se ampliar a sua utilização a outros produtos após a validação da sua eficácia.

Considerando os custos das reclamações obtidas, o impacto negativo na imagem da empresa junto do cliente e a aplicabilidade do sistema a outros produtos, justifica-se o investimento.

Em relação ao tempo de ciclo não se verificaram alterações na limpeza automática em comparação com a limpeza manual.

De realçar que a implementação do sistema de limpeza surgiu de uma reclamação específica por parte do cliente e, portanto, a prevista resolução do problema contribuirá para reforçar a imagem positiva da *Delphi Automotive Systems, Portugal S.A* junto do cliente, que considera de extrema importância a satisfação dos seus clientes.

7.4 Informatização das instruções de trabalho e criação de normas de designação

O trabalho desenvolvido em relação ao trabalho normalizado foi extenso, tendo-se atualizado e criado dezenas de instruções de trabalho durante o período da dissertação.

A informatização das instruções e a criação de normas para a atribuição das designações contribuiu para a melhoria dos tempos de consulta.

A disponibilização das instruções nos postos de trabalho, em simultâneo com a produção, é uma ferramenta importante que assegura o cumprimento dos *standards*.

8 CONCLUSÕES

Os objetivos propostos inicialmente foram atingidos, tendo-se verificado um aumento da produtividade em 9 % para o produto E.

A *Delphi Automotive Systems- Portugal S.A* é uma empresa de prestígio e de grandes dimensões na indústria automóvel, possuindo boas instalações fabris e mão de obra qualificada. No entanto, nem tudo funciona na perfeição e apresentou vários aspetos a melhorar.

Durante o período de estágio adquiriram-se conhecimentos sobre a empresa em geral, nomeadamente, áreas de atuação, principais produtos, clientes e políticas. Em particular, foi adquirido conhecimento sobre a secção de Montagem Final (área onde se desenvolveu a dissertação) nomeadamente sobre o seu funcionamento, equipamentos utilizados e produtos manufaturados. A interação com todos os intervenientes no processo produtivo contribuiu para uma melhor aprendizagem e esta comunicação facilitou o desempenho das várias tarefas ao longo do estágio.

A análise inicial passou por identificar as evidências da implementação da metodologia *Lean* na empresa, que se revelou ser já amplamente utilizada nas diversas áreas. No entanto, apesar de o pensamento *Lean* já não ser propriamente uma novidade, detetou-se uma lacuna a nível do *standard work*. Identificada a oportunidade de melhoria, tomaram-se medidas no sentido de colmatar esta falha, tendo sido sempre um foco ao longo de todo o estágio. Desenvolveu-se um *software* para a elaboração de instruções de trabalho, definiu-se uma norma para a atribuição de designações às instruções e atualizou-se um grande número de instruções abrangendo um leque alargado de processos.

A fase seguinte consistiu em abordar a existência de defeitos nos produtos e, a conseqüente insatisfação do cliente. Começou por se analisar os defeitos que surgiam, procedeu-se à sua classificação e investigou-se as possíveis causas. Não se atuou na origem dos defeitos, por ser extremamente complicado evitar o contacto dos materiais com o ar, tendo-se decidido atuar no momento da montagem dos componentes, momento a partir do qual se torna muito mais complicada a entrada de impurezas, uma vez que os componentes estão montados.

Decidiu-se proceder à aquisição de um equipamento que realizará a limpeza automática dos componentes, permitindo uma melhoria da qualidade dos produtos e caminhando para uma satisfação cada vez maior por parte dos clientes.

A atividade mais desafiante e também mais benéfica em termos de aprendizagem foi a industrialização de um produto, uma vez que proporcionou um contacto com uma diversidade

de fases. Desde a definição das tarefas dos postos, ao desenvolvimento e teste dos dispositivos *poka-yoke* até à elaboração de *standard work*, esta ação implementada revelou-se a mais trabalhosa. O produto foi inserido com sucesso na produção, sendo atualmente produzido de acordo com o que foi estipulado e cumprindo os tempos definidos.

A ação implementada mais relevante do ponto de vista financeiro, uma vez que a sua implementação permite uma poupança em cinco anos de 503.457,03 euros, ou seja, cerca de 100 mil euros anuais, foi a remoção de componentes desnecessários e a eliminação de atividades que não acrescentam valor no produto E.

A poupança prevista para os próximos 5 anos justifica-se devido ao enorme volume de produção que as alterações afetam, mais de 1.000.000 de aparelhos por ano.

No entanto, como trabalho futuro sugere-se a realização de uma análise de defeitos a todos os produtos e a avaliação da implementação da limpeza automática nos mesmos.

O foco na melhoria contínua deve ser uma constante, daí ser necessário continuar a trabalhar nesse sentido.

Por fim, todo o conhecimento adquirido, experiências acumuladas e bom companheirismo entre colegas de trabalho ao longo destes meses de estágio contribuíram para o desenvolvimento de competências sociais e profissionais que serão decisivas ao longo da vida profissional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aquinos. (2017). Retrieved June 18, 2017, from <http://www.aquinosgroup.com/blank-2>
- Arai, K., & Sekine, K. (1998). *TPM for the Lean Factory: Innovative Methods and Worksheets for Equipment Management*. Portland: Productivity Press.
- Bell, S. (2005). *Lean Enterprise Systems. Lean Enterprise Systems: Using IT for Continuous Improvement*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/0471756466>
- Berg, A., & Ohlsson, F. (2005). *Lean manufacturing at Volvo Truck Production Australia: development of an implementation strategy*. Lulea University of Technology. Retrieved from <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ltu:diva-50344>
- Berger, A. (1997). Continuous improvement and kaizen: standardization and organizational designs. *Integrated Manufacturing Systems*, 8(2), 110–117. <https://doi.org/10.1108/09576069710165792>
- Bhadury, B. (2000). Management of productivity through TPM. *Productivity*, 41(2), 240–251.
- Bose, R. (2006). Understanding management data systems for enterprise performance management. *Industrial Management and Data Systems*, 106(1), 43.
- Bovee, C. L., & Thill, J. V. (2005). *Business Communication Today* (8th ed.). Pearson/Prentice Hall.
- Bryman, A., & Bell, E. (2011). *Business Research Methods. Social Research* (2nd Ed.). New York: Oxford University Press.
- Carreira, B. (2005). *Lean Manufacturing that Works: Powerful Tools for Dramatically Reducing Waste and Maximizing Profits*. New York: Amacom.
- Carvalho, D. (2006). Fundamentos da Dinâmica da Produção, 1–5. Retrieved from <http://pessoais.dps.uminho.pt/jdac/>
- Carvalho, D. (2008). Introdução aos Sistemas de Produção. Retrieved from <http://pessoais.dps.uminho.pt/jdac/>
- Clients First. (2017). Retrieved June 18, 2017, from <http://clientsfirst-tx.com/5s-lean-manufacturing-simplified/>
- Consul, J. T. (2015). Aplicação de Poka Yoke em processos de caldeiraria. *Production*, 25(3), 678–690. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.084012>
- Creative Safety Supply. (2017). Retrieved June 17, 2017, from <https://www.creativesafetysupply.com/articles/kanban/>
- Crosby, P. B. (1979). *Quality is free: The art of making quality certain*. New York: New

- American Library*. <https://doi.org/10.2172/1025774>
- Dailey, K. W. (2003). *The lean manufacturing pocket handbook*. DW Pub.
- Delphi. (2017). Formação Delphi Production System. Publicação interna.
- El-Namrouty, K. A. (2013). Seven Wastes Elimination Targeted by Lean Manufacturing Case Study "Gaza Strip Manufacturing Firms". *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences*, 1(2), 68. <https://doi.org/10.11648/j.ijefm.20130102.12>
- Erdogan, S., & Sezen, B. (2009). Lean Philosophy in Strategic Supply Chain Management and Value Creating. *Journal of Global Strategic Management*, 1(3), 68–68. <https://doi.org/10.20460/JGSM.2009318475>
- Fullerton, R. R., & McWatters, C. S. (2001). Production performance benefits from JIT implementation. *Journal of Operations Management*, 19(1), 81–96. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(00\)00051-6](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(00)00051-6)
- Gaither, N., & Frazier, G. (2002). *Administração da Produção e Operações*. (Pioneira, Ed.). São Paulo.
- Ghinato, P. (1995). Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente Just-in-Time. *Produção*, 5(2), 169–189. <https://doi.org/10.1590/S0103-65131995000200004>
- Ghodrati, A., & Zulkifli, N. (2013). The Impact of 5S Implementation on Industrial Organizations' Performance. *International Journal of Business and Management Invention ISSN (Online)*, 2319–8028. Retrieved from www.ijbmi.org
- Gifford, J. W. (2007). The Value of Vision. *The Synergist*, 18(9), 44. <https://doi.org/10.3320/1.2904762>
- Grout, J. R., & Toussaint, J. S. (2010). Mistake-proofing healthcare: Why stopping processes may be a good start. *Business Horizons*, 53(2), 149–156. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2009.10.007>
- Haque, B., & Moore, M. J. (2004). Measures of performance for lean product introduction in the aerospace industry. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers -- Part B -- Engineering Manufacture*, 218(10), 1387–1398. <https://doi.org/10.1243/0954405042323496>
- Hirano, H. (1995). *5 pillars of the visual workplace : the sourcebook for 5S implementation*. Productivity Press.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420–437. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.001>
- Imai, M. (1994). *Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo* (5^a). IMAM.
- Imai, M. (1997). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement*

Strategy. Mc-Graw Hill Professional.

- Industry forum. (2017). Retrieved June 17, 2017, from <https://www.industryforum.co.uk/resources/blog/7-principles-to-guide-the-creation-of-your-unique-lean-system/>
- Jabbour, A. B. L. de S., Jabbour, C. J. C., Teixeira, A. A., Freitas, & Souza, W. R. (2010). Adoption of lean thinking practices at Brazilian auto part companies. *International Journal of Lean Thinking*, 3(2).
- Kumar, K. (2012). Steps for Implementation of 5S. *International Journal of Management IT and Engineering*, 2(6), 402–416.
- Lander, E., & Liker, J. K. (2007). The Toyota Production System and art: making highly customized and creative products the Toyota way. *International Journal of Production Research*, 45(16), 3681–3698. <https://doi.org/10.1080/00207540701223519>
- Lean Ergonomics. (2017). Retrieved July 6, 2017, from <https://www.linkedin.com/pulse/study-implement-lean-ergonomics-concepts-production-viraj-bakshi>
- Lean Management (2017). Retrieved from <http://leancombat.vlm.pt/estudo-de-caso-projeto-lean-management/>
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way: Fourteen Management Principles From the Worlds Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Madhan, K. (2015). Single Piece Flow. Retrieved June 17, 2017, from <https://www.linkedin.com/pulse/single-piece-flow-madhan-kumar-k>
- Melton, T., Jones, D. T., & Roos, D. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Moen, R., & Norman, C. (2009). Evolution of the PDCA Cycle. *Society*, 1–11. Retrieved from <http://cissp.tjscott.net/standards/moen.norman.pdca.origins.pdf>
- Monden, Y. (1995). Toyota production system. *Journal of the Operational Research Society*, 4, 3–11. <https://doi.org/10.1108/eb054703>
- Monden, Y. (2011). *Toyota production system: An integrated approach to Just-In-Time*. CRC Press. [https://doi.org/10.1016/0951-5240\(95\)90010-1](https://doi.org/10.1016/0951-5240(95)90010-1)
- Murata, K., & Katayama, H. (2010). Development of Kaizen case-base for effective technology transfer—a case of visual management technology. *International Journal of Production Research*, 48(16), 4901–4917. <https://doi.org/10.1080/00207540802687471>
- Nouman. (2017). Retrieved June 18, 2017, from <https://www.linkedin.com/pulse/20140930055023-89252907-information-security->

consultancy-no-longer-a-secret

- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press, 152. <https://doi.org/10.1108/eb054703>
- Ortiz, C. (2006). All-out kaizen. *Industrial Engineer*, 38(4), 30–31.
- Osada, T. (1991). *The 5S's: five keys to a total quality environment*. White Plains, NY: Tokyo : Asian Productivity Organization.
- Pettersen, J. (2009). Defining lean production: Some conceptual and practical issues. *TQM Journal*, 21(2), 127–142. <https://doi.org/10.1108/17542730910938137>
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento LEAN - A filosofia das organizações vencedoras*. (Lidel, Ed.) (6^a). Lisboa.
- Pinto, J. P. (2010). *Gestão de Operações - Na Indústria e nos Serviços*. (Lidel, Ed.) (2^a).
- Rajesh, K. J. (2008). Toyota Culture: The Heart and Soul of the Toyota Way. *International Journal of Business Management & Research*, 2(1), 97–104.
- Rawabdeh, I. (2005). A model for the assessment of waste in job shop environments. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(8), 800–822. <https://doi.org/10.1108/01443570510608619>
- Rosing, M. von, Scheel, H. von, & Scheer, A.-W. (2015). *The complete business process handbook: body of knowledge from process modeling to BPM-Volume I*. Morgan Kaufmann.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute Brookline. <https://doi.org/10.1109/6.490058>
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785–805. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.019>
- Shimbun, N. K. (1988). *Poka-yoke: improving product quality by preventing defects*. Productivity Press.
- Shingo, S. (1989). *A study of the Toyota production system from an industrial engineering viewpoint*. Productivity Press.
- Shingo, S. (1996). *O Sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção* (2. ed.). Bookman.
- Singh, G., & Ahuja, I. S. (2012). Just-in-time manufacturing: literature review and directions. *International Journal of Business Continuity and Risk Management*, 3(1), 57. <https://doi.org/10.1504/IJBCRM.2012.045519>
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2002). *Administração da produção. Uma ética para*

quantos? (Vol. XXXIII). <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

Smith, F. O. (2007). Article in Column Information Control: KPIs Made Easy, *Control Engineering*, 42–46.

Stevenson, W. (2001). *Administração das Operações da Produção*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos.

Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553–564. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>

Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>

Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing* (1st ed.). McGraw-Hill Education.

Wojakowski, P. (2013). *Some Aspects of Visual Management Systems Applied in Modern Industrial Plant*. Cracow.

Womack, J. P. (2005). How Lean Consumption Transforms Manufacturing & Supply Chains. Illinois: Industry Week Smart Manufacturing Conference.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking. The Library Quarterly* (Vol. 5). <https://doi.org/10.1086/601582>

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*. Free Press.

Anexos

ANEXO I - CÓDIGO DE CORES DELPHI

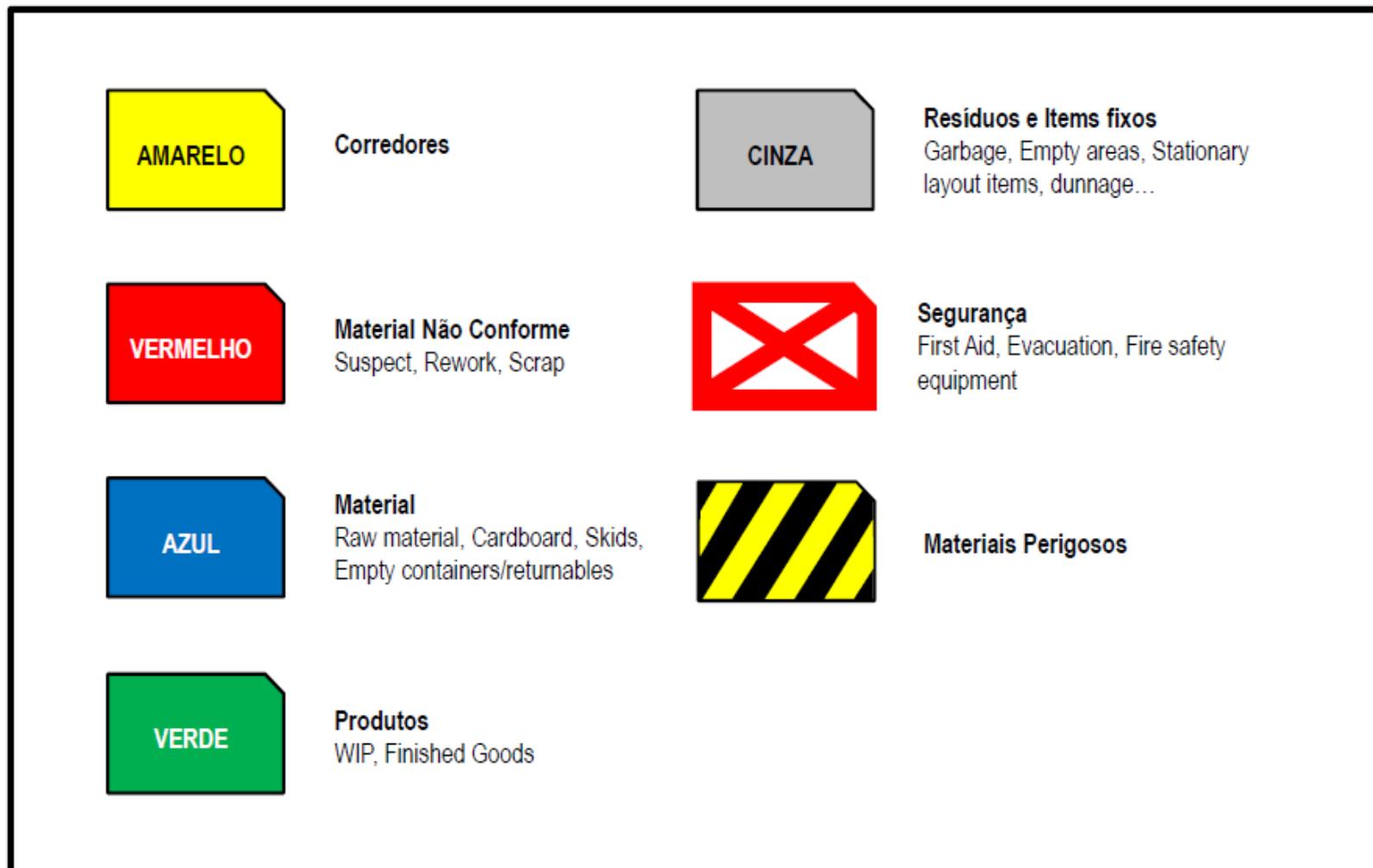


Figura 63 - Código de cores Delphi

ANEXO II - EXEMPLOS DE INSTRUÇÕES DE TRABALHO

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 19-01-2016 Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 23-11-2016 Page 1 de 3

Processo / Modelo: _____
 Lugar: 3
 Ref. Doc.: _____
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

Notas Importantes:
SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE

Atividade	Seq.	Descrição	Horário			
			Min	Seg	Min	Seg
		Mão Esquerda Mão Direita				
	1	PEGA CONJUNTO DO GAP FILLER, FOTO 1	2	1,2		
	2	VERIFICA SE O GAPPILLER FOI APLICADO CORRETAMENTE, VER NOTA				
	3	COLOCA CONJUNTO NO DISPOSITIVO	2	1,2		
	4	PEGA NA PLACA PRINCIPAL; EFECTUA LEITURA E MONTA NA BRACKET, FOTO 2	8	4,8		
	5	EFECTUA MONTAGEM DO CABO NA PLACA PRINCIPAL, ENCAIXE ZIF E PRESSIONA O BOTÃO PARA INICIAR O TESTE DE VISÃO (FOTO 3), (PRESSIONAR A PARTE CENTRAL DA PLACA PARA GARANTIR O CORRECTO INSERT NO MECANISMO). Dobrar o cabo da ventoinha para o interior do aparelho garantindo que o mesmo não fique fora da área a placa, FOTO 3	12	7,2		
	6	PEGA NO CAIXILHO E EFECTUA MONTAGEM; FOTO 4	6	3,6		
	7	RETRAIR MOST E APERTA ZX PARAF. (PN: 28258537). FOTOS 5/6	15	9,0		
	8	COLOCA CONJUNTO PARA POSTO SEGUINTE	2	1,2		
	9	NOTA: A RITA APÓS INSERIDA NÃO PODERÁ TER A PARTE METÁLICA DESALINHADA COMO CONECTOR (FOTO A), ESTA TEM DE ESTAR CORRECTAMENTE INSERIDA (COMPLETAMENTE PARALELA AO CONECTOR)				
	10	VERIFICAR SE O GAPPILLER FOI APLICADO CORRECTAMENTE CONSOANTE O MODELO (FOTO B E C)				
	11	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>A</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>B</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>C</p> </div> </div>				
	12					
	13					
	14					
	15					
	16					
	17					
	18					
	19					
	20					
	21					
	22					
	23					
	24					
Total			45	27		

Revisado por:

Data: 23-11-2016

Função: M&E

Nome: _____

Verificado por:

Data: _____

Função: _____

Nome: _____

Aprovado por:

Data: 23-11-2016

Função: Produção

Nome: _____

QUANDO IMPRESSO, ESTE DOCUMENTO NÃO É CONTROLADO A MENOS QUE SEJA IDENTIFICADO COMO CONTROLADO PELO ODC (DOCUMENT CONTROL CENTER)

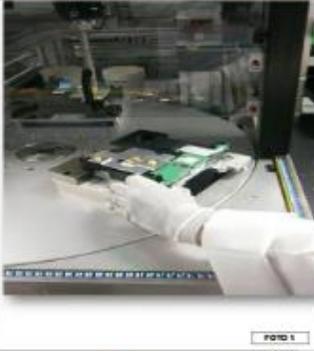









Figura 64 - Exemplo de instrução de trabalho 1

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 23-01-2017 Content Reviewed Date / Data de Revisão : 17-01-2017 Page 1 of 3

Material (Volume,Peso)		Processo: - Rota interna								
Material Volumoso/Pesado	Material não Volumoso/Pesado	Percurso da rota	Abastecimento de Material	Recolha/ Retorno de vazios	Troca de Trolley	Mínimercados/ Recolha de Material	Material Kanban	Material não Kanban	Manifesto	Operador Logístico
Designação: Tampas; caixilhos; mecanismos; main board; SD card; blendas	Designação: Etiquetas; parafusos.	↔	○	◇	↔	○	□	□	□	🚚
Tarefa	Descrição do Procedimento	Material / Procedimento								
A	Dirigir ao ponto (1) e recolher os manifestos correspondentes à linha 1 (1L) do MIB.									
B	Deslocar-se à rampa de apoio (1M) e recolher mecanismos. Dirigir-se ao posto 1 e abastecer com mecanismos.									
C	Regressar com o trolley à rampa de apoio (1M) e recolher brackets. Dirigir-se ao posto 1 e abastecer o posto com as brackets.									
D	Abastecer o posto 2 com os SD cards, trazidos pela rota externa.									
E	Deslocar-se ao ponto (2M) e recolher caixilhos. Dirigir-se ao posto 3 e abastecer o posto com os caixilhos e com as main boards recolhidas pela rota externa.									
H	Deslocar-se com trolley à rampa de apoio (1M), e recolher blendas, conforme manifesto. Abastecer o posto 4 com blendas.									
I	Dirigir-se à rampa de apoio (1M), recolher as covers e abastecer o posto 5.									
J	Recolher caixas vazias das covers e depositá-las no trolley de vazios.									
K	Recolher tabuleiros vazios do posto 4 e colocá-los no trolley de vazios.									
L	Recolher trolley de caixilhos vazios e depositar no ponto (2M).									
M	Regressar ao posto 3, recolher vazios de main board e depositá-los no trolley de vazios.									
N	Dirigir-se ao posto 2, recolher vazios SD card e colocá-los no trolley de vazios.									
N	Deslocar ao posto 1, recolher caixas vazias de mecanismos e depositá-los no ponto (1M).									
O	Regressar ao posto 1, recolher caixas vazias das brackets e depositá-las trolley de vazios.									
P	Repetir todo o procedimento para a linha 2 (2L) do MIB.									
	Voltar a realizar as tarefas por ordem definida no procedimento.									

Instruções gerais de Trabalho:

Os objectivos dos procedimentos é garantir que os materiais cheguem às linhas de montagem na hora e quantidade certa, devidamente identificados.

O operador logístico responsável pelo abastecimento de material deve realizar a ordem das tarefas descrita no procedimento.

Instrução de Trabalho: Posição inicial no início de turno LINHA. (Ponto n.º 1 no esboço da rota).

Os materiais de consumo residual devem ser abastecidos à medida que são consumidos

Falta de material: Informe a chefia transmitindo o part number do material.

Final de turno/passagem de rota deixe os mini-mercados abastecidos com material para manter o funcionamento da linha.

No refill das caixas o operador é responsável por respeitar o nível máximo indicado. Deixar sempre o local de trabalho limpo e arrumado.

No abastecimento deve sempre cumprir o FIFO (first in first out)

HISTÓRICO DE REVISÃO		
Razão para Revisão	Data de Revisão	Autor(es)
Edição inicial	17-01-2017	

QUANDO IMPRIMIDO, ESTE DOCUMENTO NÃO É CONTROLADO A MENOS QUE SEJA IDENTIFICADO COMO CONTROLADO PELO DCC

Área de abastecimento

ARMAZÉM ED1

Figura 65 - Exemplo de instrução de trabalho 2

ANEXO III - WORK COMBINATION TABLE (WCT)

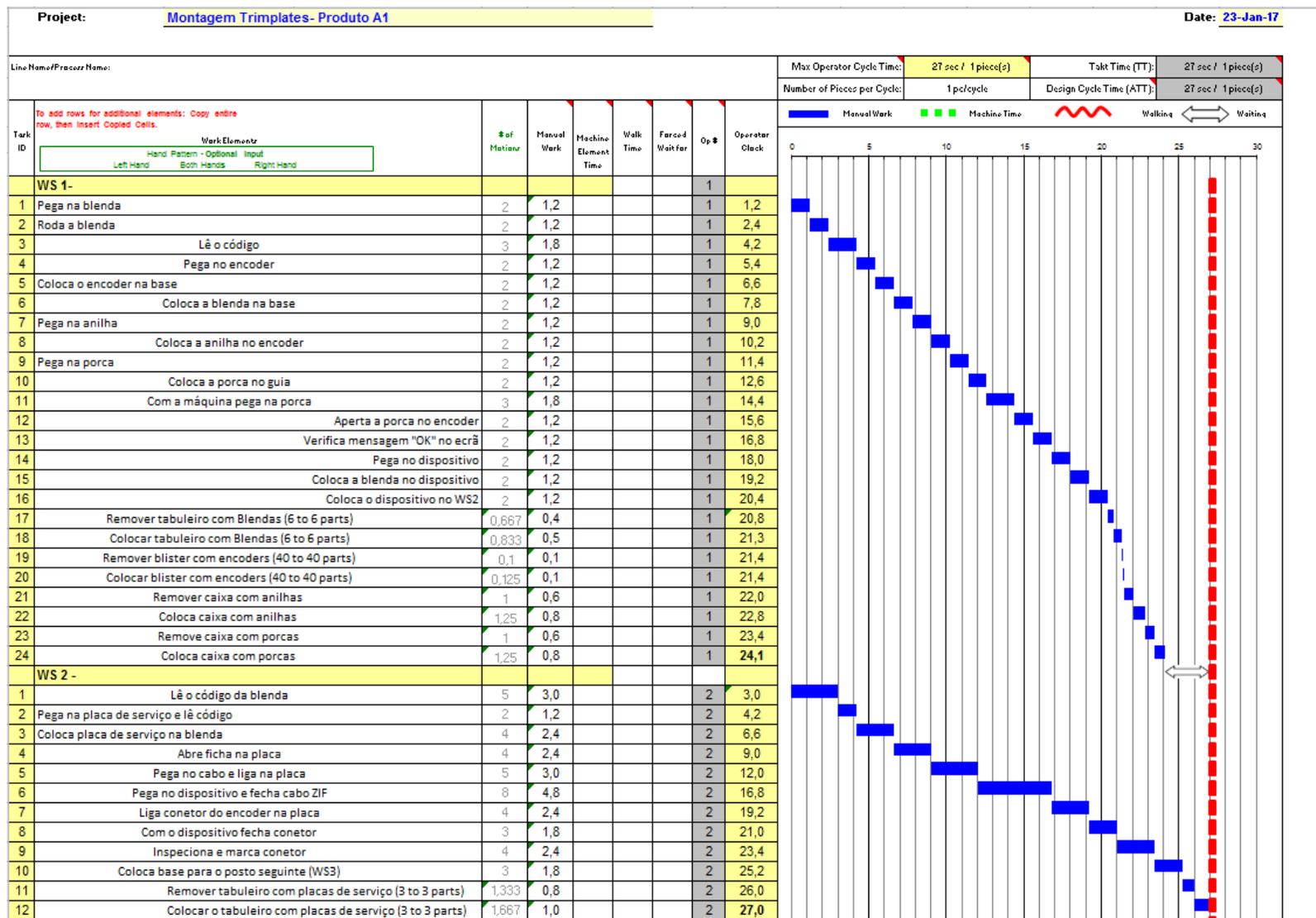


Figura 66 - WCT produto A1-posto 1 e 2

Melhoria em células de montagem de blendas de rádios para a indústria automóvel aplicando princípios *Lean*

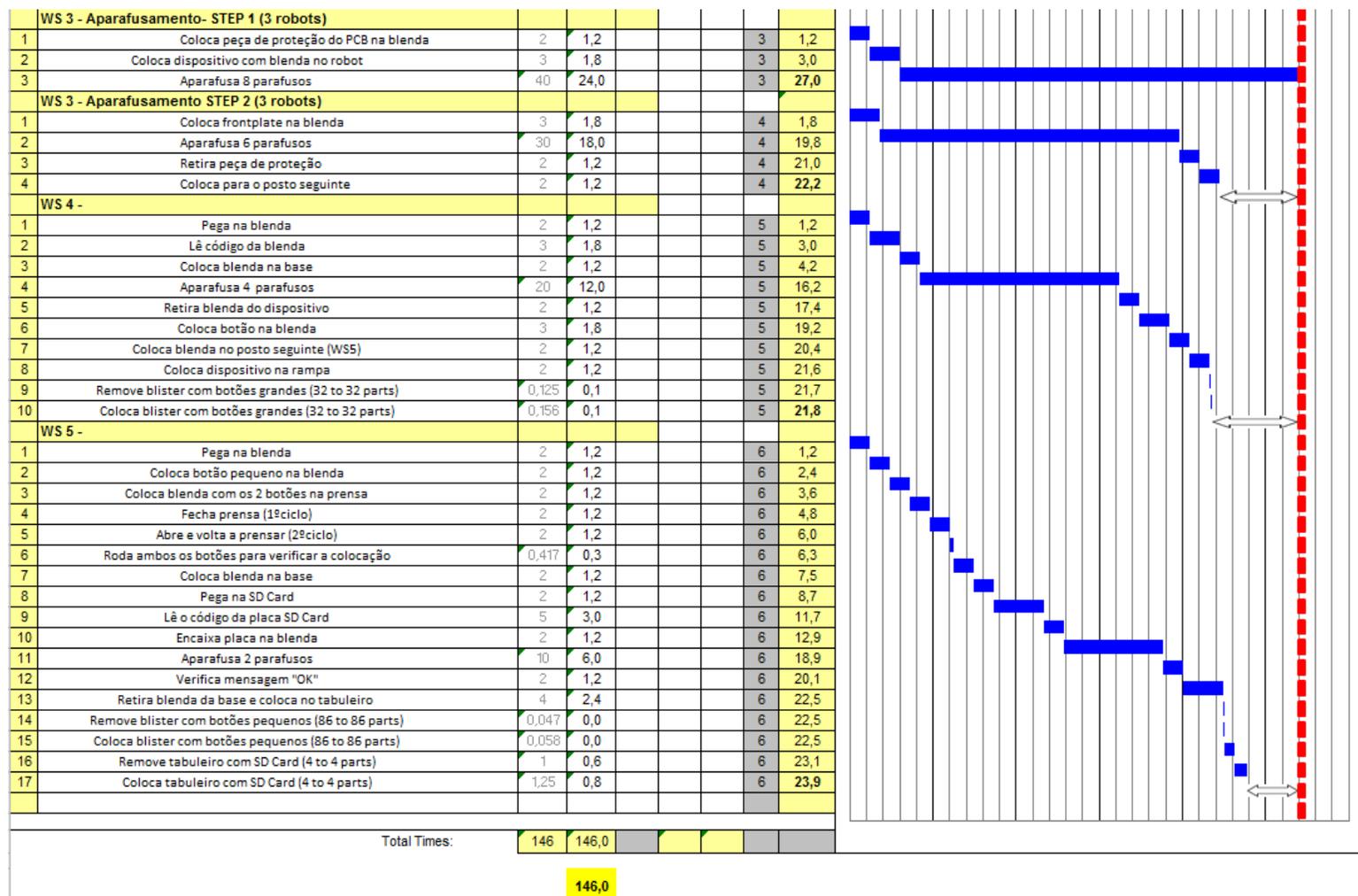


Figura 67 - WCT produto A1-posto 3, 4 e 5

Melhoria em células de montagem de blendas de rádios para a indústria automóvel aplicando princípios *Lean*

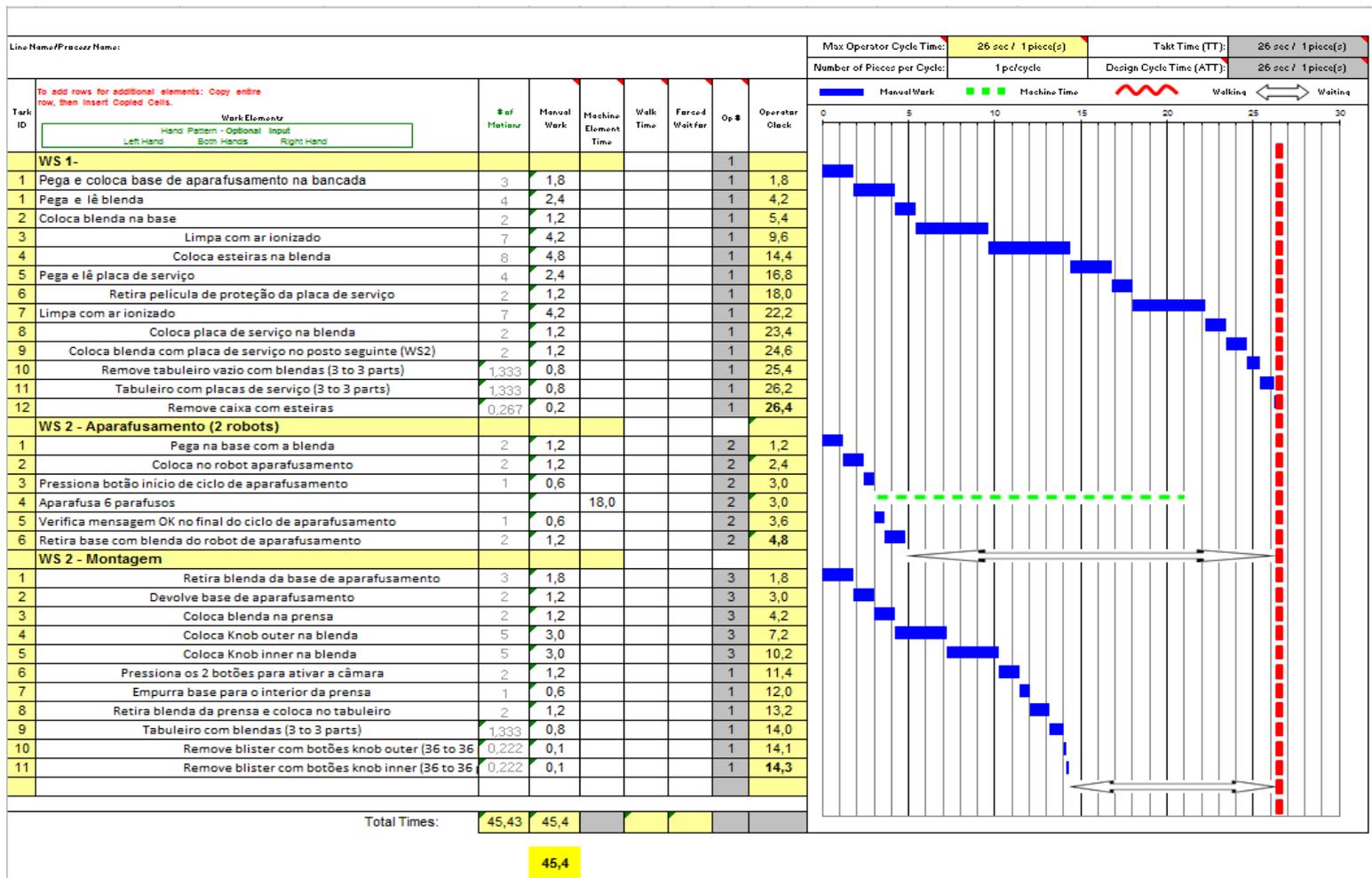
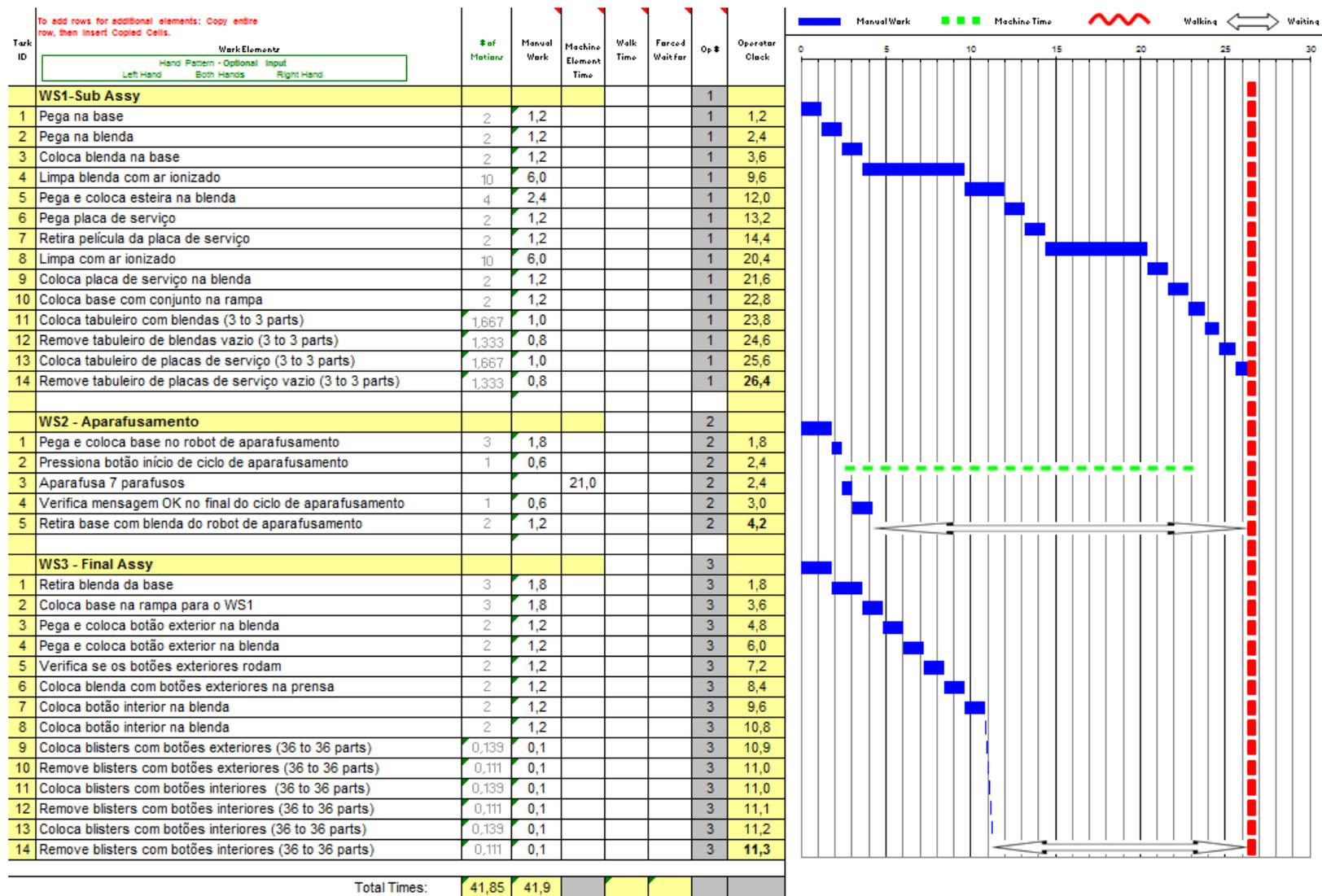


Figura 68 - WCT produto B

Melhoria em células de montagem de blendas de rádios para a indústria automóvel aplicando princípios *Lean*



41,9

Figura 69 - WCT produto C

Melhoria em células de montagem de blendas de rádios para a indústria automóvel aplicando princípios *Lean*

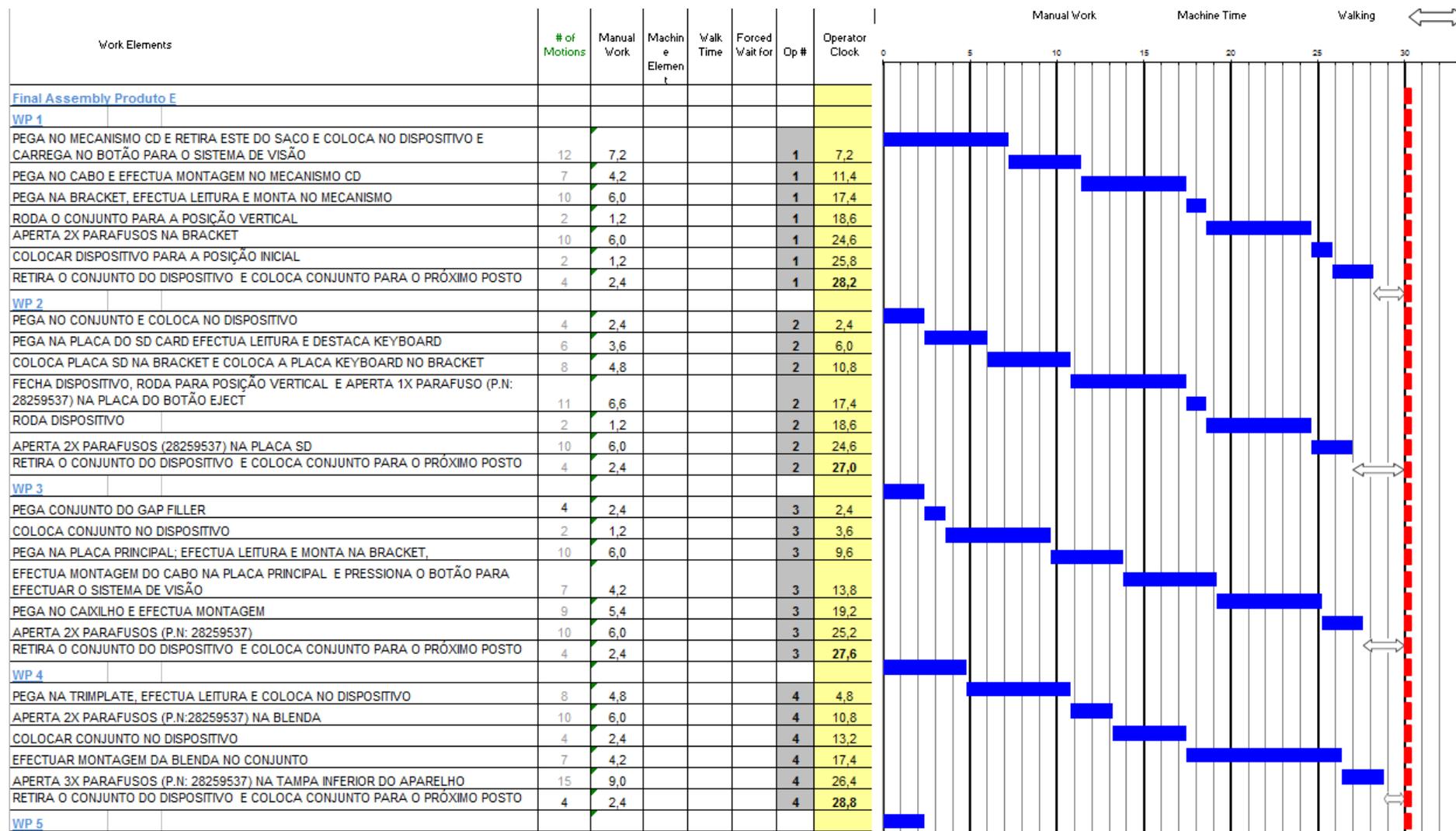


Figura 70 - WCT produto E-postos 1-4

Melhoria em células de montagem de blendas de rádios para a indústria automóvel aplicando princípios *Lean*

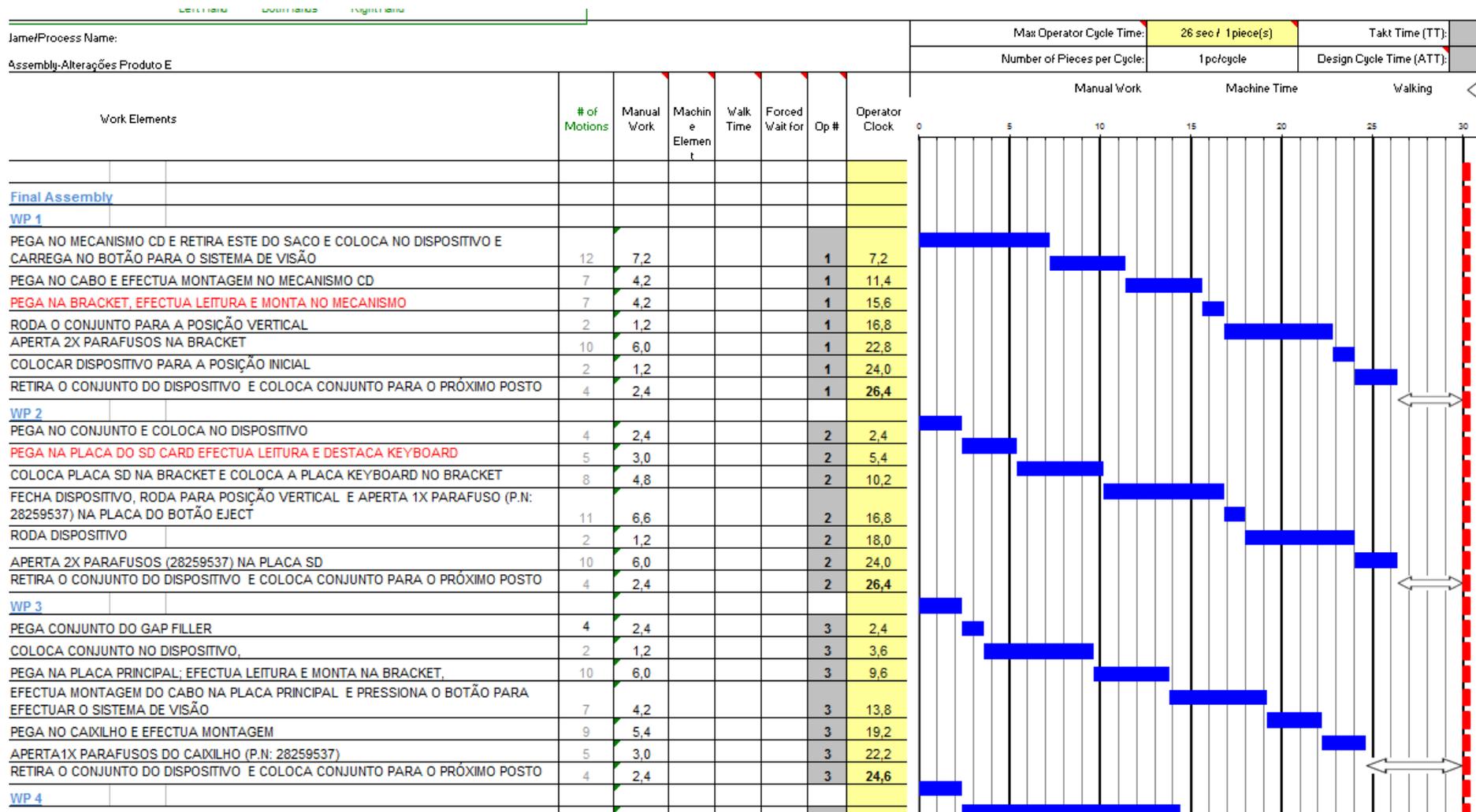


Figura 72 - WCT rebalanceamento do produto E- postos 1-3

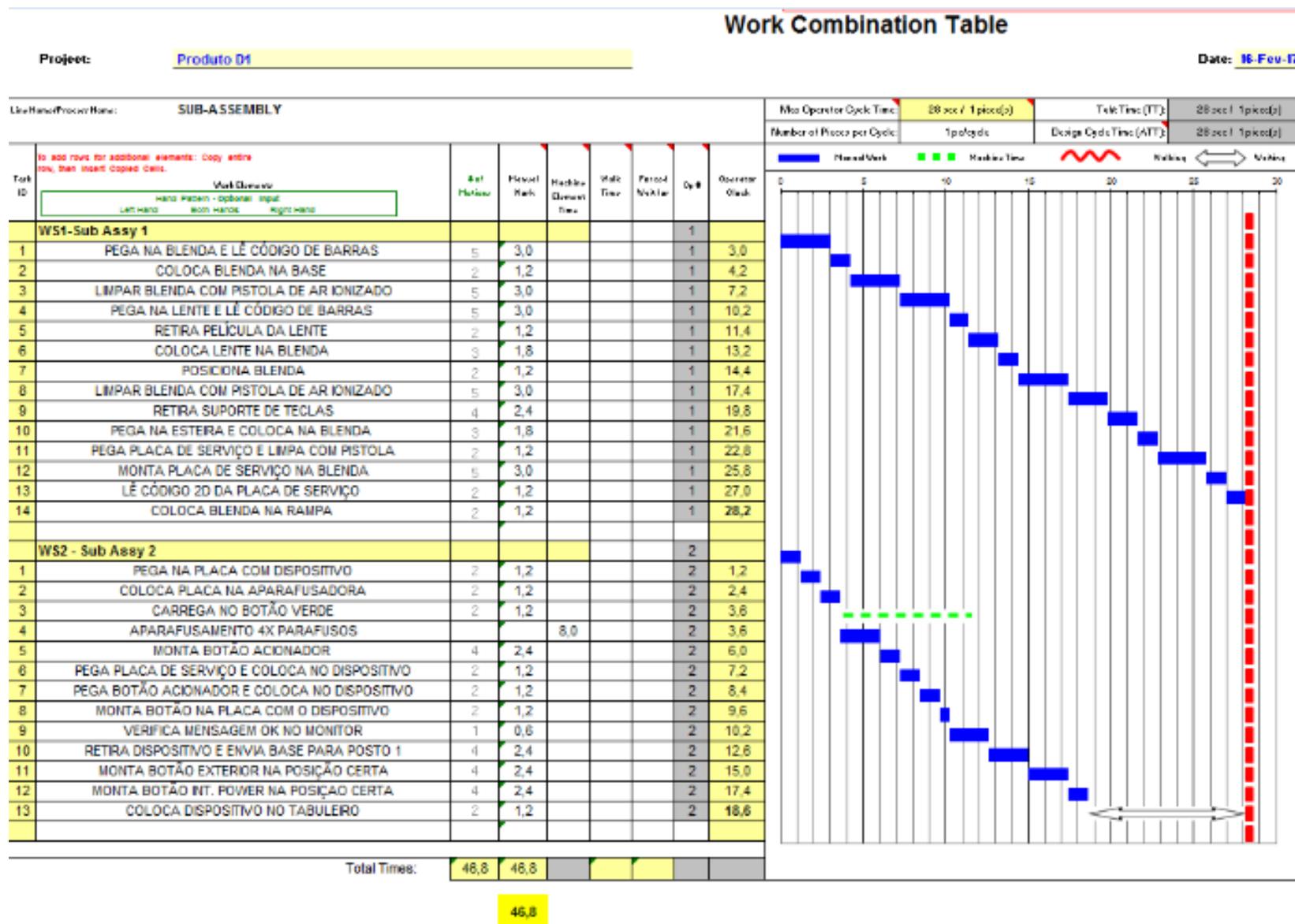


Figura 73 - WCT SubAssy-produto D1

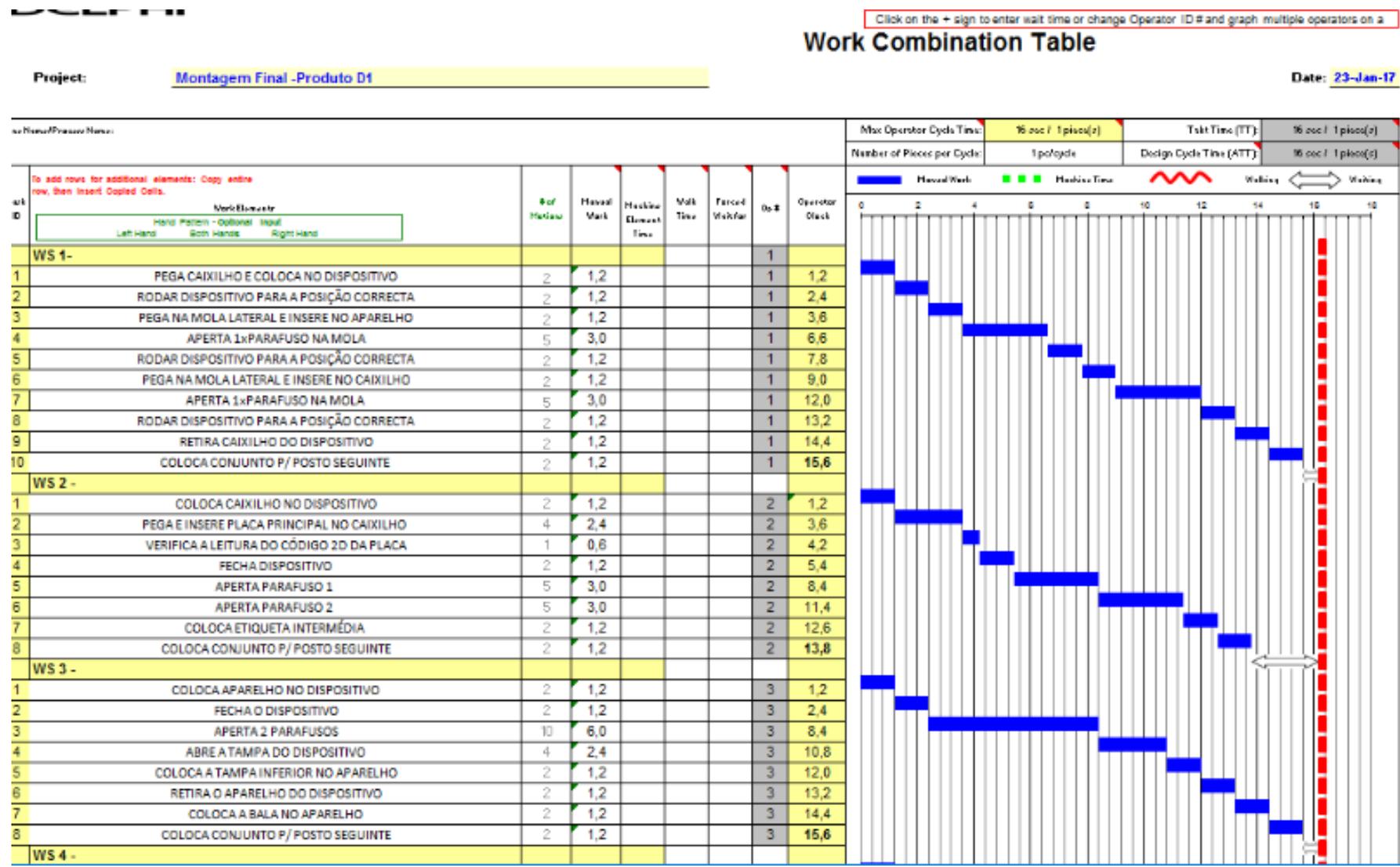


Figura 74 - WCT Montagem final-posto 1-3-produto D1

Melhoria em células de montagem de blendas de rádios para a indústria automóvel aplicando princípios *Lean*

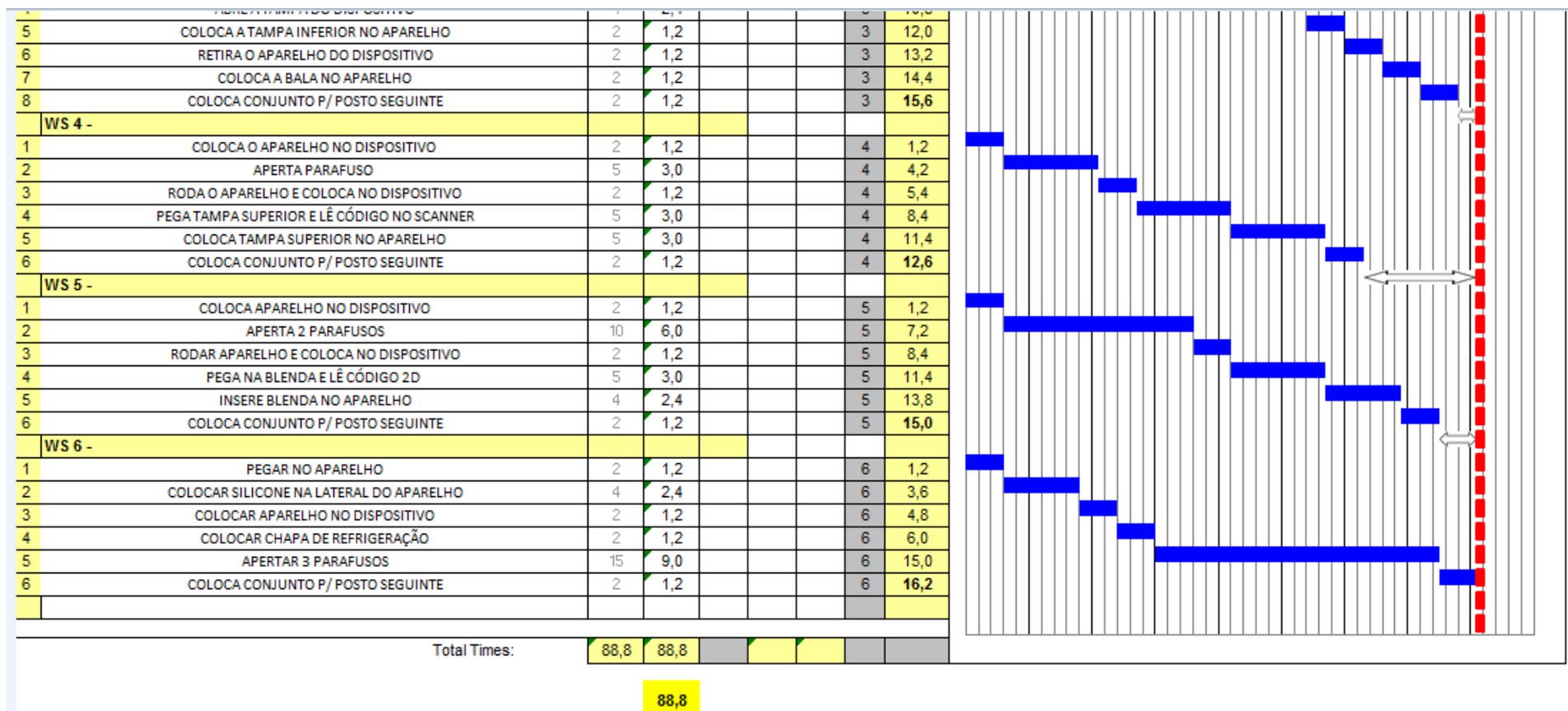


Figura 75 - WCT Montagem final-posto 4-6-produto D1

Melhoria em células de montagem de blendas de rádios para a indústria automóvel aplicando princípios *Lean*

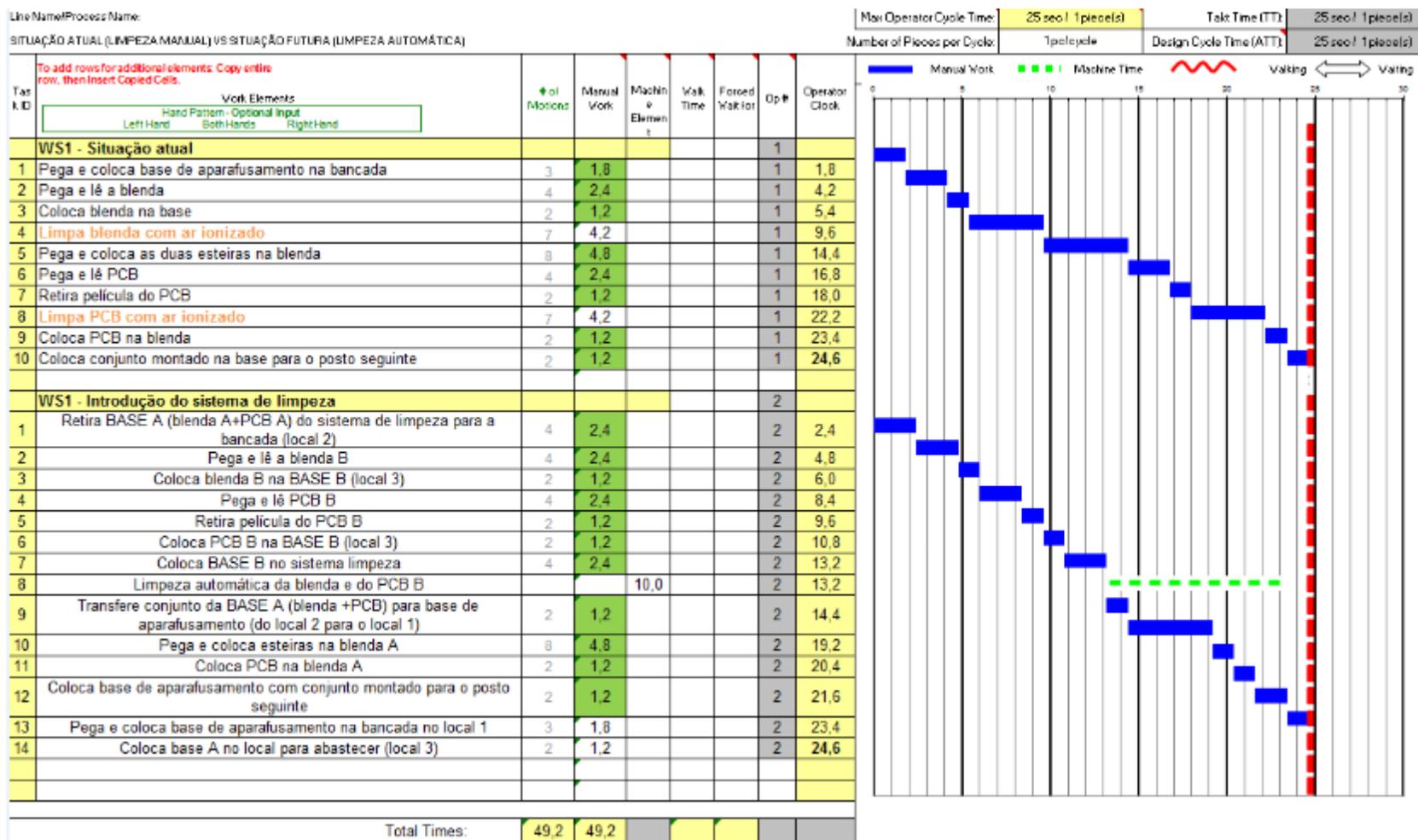


Figura 77 - WCT com limpeza automática-produto B

ANEXO IV - SOFTWARE DO TRABALHO NORMALIZADO

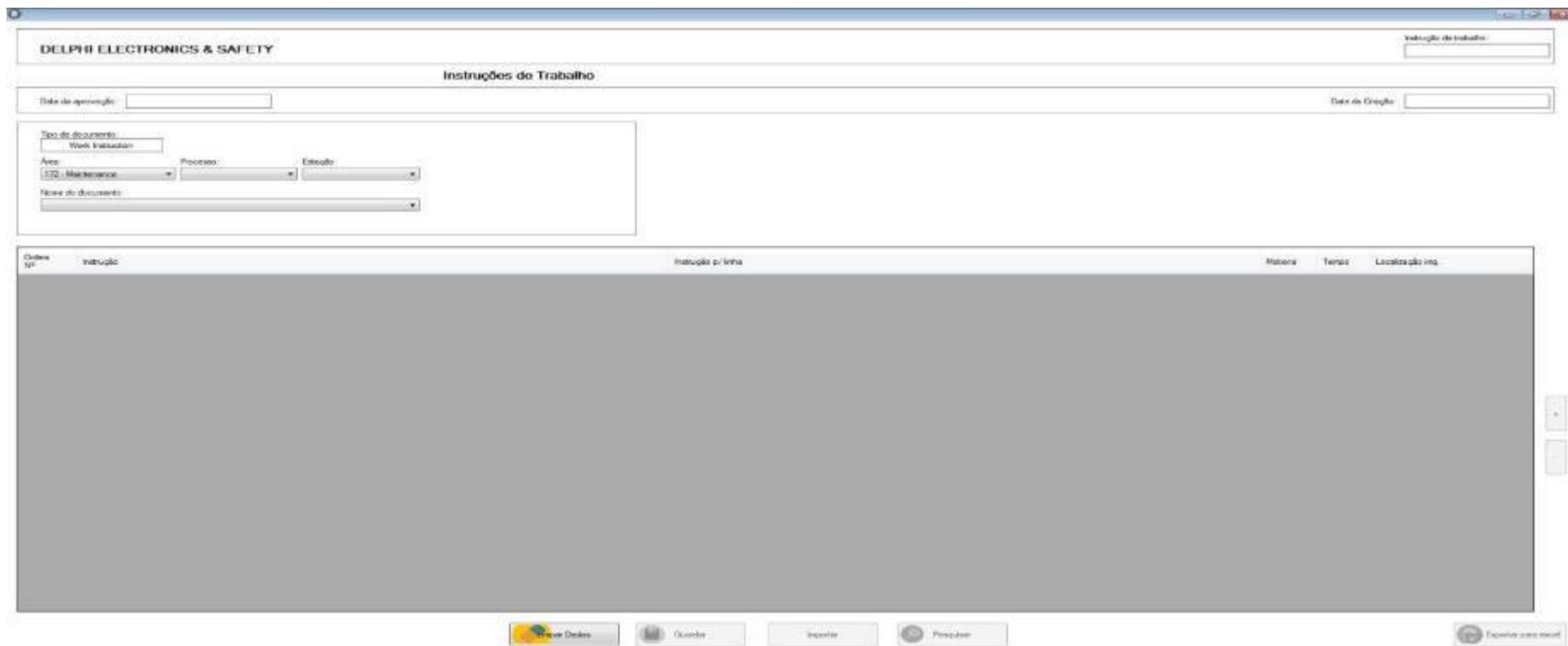


Figura 78 - Ecrã inicial do software

ANEXO V - INSTRUÇÕES DE TRABALHO DO PRODUTO D1

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho																									
Effective Date: / Data Efectiva: 10-02-2017			Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 10-02-2017				Page 1 de 3																		
Processo / Modelo: <u>ProdutoD1.SUBASSY/TRIMPLATES.P1</u> Lugar: <u>1º</u> Ref. Doc.: _____ Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>						Notas Importantes: SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Seq. Oper. (Atual)</th> <th rowspan="2">Seq. (Ant)</th> <th colspan="3">Element</th> <th colspan="4">Element Time</th> </tr> <tr> <th>Mão Esquerda</th> <th>Ambas Mãos</th> <th>Mão Direita</th> <th>Setup</th> <th>Normal Work</th> <th>Work Time</th> <th>Work Time</th> </tr> </thead> </table>						Seq. Oper. (Atual)	Seq. (Ant)	Element			Element Time				Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Setup	Normal Work	Work Time	Work Time				
Seq. Oper. (Atual)	Seq. (Ant)	Element			Element Time																				
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Setup	Normal Work	Work Time	Work Time																	
1		PEGA NA BLENDA E LÊ CÓDIGO DE BARRAS (FOTO 1)			5	3,0																			
2		COLOCA BLENDA NA BASE (FOTO 1)			2	1,2																			
3		LIMPAR BLENDA COM PISTOLA DE AR IONIZADO			5	3,0																			
4		PEGA NA LENTE E LÊ CÓDIGO DE BARRAS (FOTO 2)			5	3,0																			
5		RETIRA PELÍCULA DA LENTE (FOTO 2)			2	1,2																			
6		COLOCA LENTE NA BLENDA (FOTO 2)			3	1,8																			
7		POSICIONA BLENDA			2	1,2																			
8		LIMPAR BLENDA COM PISTOLA DE AR IONIZADO			5	3,0																			
9		RETIRA SUPORTE DE TECLAS			4	2,4																			
10		PEGA NA ESTEIRA E COLOCA NA BLENDA (FOTO 3)			3	1,8																			
11		PEGA PLACA DE SERVIÇO E LIMPA COM PISTOLA			2	1,2																			
12		MONTA PLACA DE SERVIÇO NA BLENDA			5	3,0																			
13		LÊ CÓDIGO 2D DA PLACA DE SERVIÇO (FOTO 4)			2	1,2																			
14		COLOCA BLENDA NA RAMPA (FOTO 4)			2	1,2																			
15																									
16																									
17																									
Total					47	28,2																			
Realizado por:		Verificado por:		Aprovado por:																					
Data: 10-02-2017																									
Função: IE																									
Nome: Hugo Moreira																									

Figura 79 - IT ProdutoD1.SUBASSY/TRIMPLATES.P1

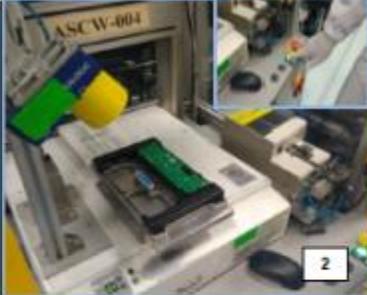
Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 10-02-2017 Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 10-02-2017 Page 1 de 3

Processo / Modelo: ProdutoD1.SUBASSY/TRIMPLATES.P2
 Lugar: 2º
 Ref. Doc.: _____
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

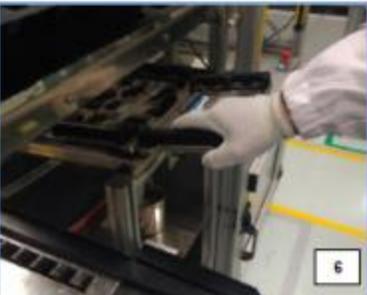
Notas importantes:
 SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE

Seq. Item	Seq. ID	Elemento			Element Time			
		Mão Esquerda	Áreas Mão:	Mão Direta	Min	Manual Work	Work Time	Hold Time
1		PEGA NA PLACA COM DISPOSITIVO (FOTO 1)			2	1,2		
2		COLOCA PLACA NA APARAFUSADORA (FOTO 2)			2	1,2		
3		CARREGA NO BOTÃO VERDE (FOTO 2)			2	1,2		
4		APARAFUSAMENTO 4X PARAFUSOS					8	
5		MONTA BOTÃO ACIONADOR (FOTO 3)			4	2,4		
6		PEGA PLACA DE SERVIÇO E COLOCA NO DISPOSITIVO			2	1,2		
7		PEGA BOTÃO ACIONADOR E COLOCA NO DISPOSITIVO (FOTO 4)			2	1,2		
8		MONTA BOTÃO NA PLACA COM O DISPOSITIVO (FOTO 5)			2	1,2		
9		VERIFICA MENSAGEM OK NO MONITOR			1	0,6		
10		RETIRA DISPOSITIVO E ENVIA BASE PARA POSTO 1 (FOTO 6)			4	2,4		
11		MONTA BOTÃO EXTERIOR NA POSIÇÃO CERTA (FOTO 7)			4	2,4		
12		MONTA BOTÃO INT. POWER NA POSIÇÃO CERTA (FOTO 8)			4	2,4		
13		COLOCA DISPOSITIVO NO TABULEIRO (FOTO 8)			2	1,2		
Total					31	18,6	8	










Data: 10-02-2017 Realizado por: _____ Verificado por: _____ Aprovado por: _____
 Função: E: _____
 Nome: Hugo Moreira

Figura 80 - IT ProdutoD1.SUBASSY/TRIMPLATES.P2

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho									
Effective Date: / Data Efectiva: 10-02-2017			Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 10-02-2017			Page 1 de 3			
Processo / Modelo: <u>ProdutoD1.FA.P1</u> Lugar: <u>1º</u> Ref. Doc.: _____ Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>					Notas Importantes: SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE				
									
Seq. Oper.	Item ID	Elemento			Element Time				
		Mão Esquerda	Amplas Mãos	Mão Direita	Work	Material	Reach Time	Wait Time	
1		PEGA CAIXILHO E COLOCA NO DISPOSITIVO (FOTO 1)			2	1,2			
2		RODAR DISPOSITIVO PARA A POSIÇÃO CORRECTA			2	1,2			
3		PEGA NA MOLA LATERAL E INSERE NO APARELHO (FOTO 2)			2	1,2			
4		APERTA 1xPARAFUSO NA MOLA (FOTO 3)			5	3,0			
5		RODAR DISPOSITIVO PARA A POSIÇÃO CORRECTA			2	1,2			
6		PEGA NA MOLA LATERAL E INSERE NO CAIXILHO (FOTO 4)			2	1,2			
7		APERTA 1xPARAFUSO NA MOLA (FOTO 5)			5	3,0			
8		RODAR DISPOSITIVO PARA A POSIÇÃO CORRECTA			2	1,2			
9		RETIRA CAIXILHO DO DISPOSITIVO			2	1,2			
10		COLOCA CONJUNTO PI POSTO SEGUINTE (FOTO 6)			2	1,2			
Total					28	15,6			
Data:		Realizado por:	Verificado por:	Aprovado por:					
10-02-2017									
Função:									
IE									
Nome:									
Hugo Moreira									

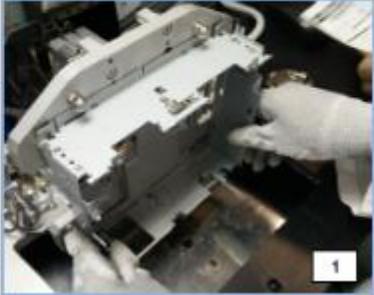
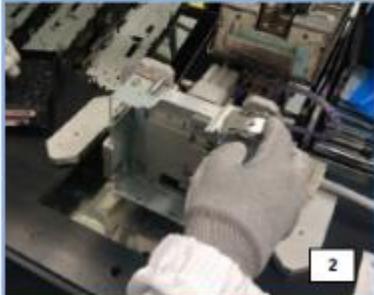
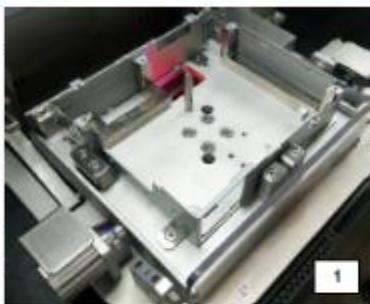







Figura 81 - IT ProdutoD1.FA.P1

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho									
Effective Date: / Data Efectiva: 10-02-2017			Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 10-02-2017			Page 1 de 3			
Processo / Modelo: <u>ProdutoD1.FA.P2</u> Lugar: <u>2º</u> Ref. Doc.: _____ Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>					Notas Importantes: SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE				
									
Seq. El.	Elem. El.	Element			Element Time				
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direta	Work	Setup / M/A	Reach Time	Hold Time	
1	COLOCA CAIXILHO NO DISPOSITIVO (FOTO 1)				2	1,2			
2	PEGA E INSERE PLACA PRINCIPAL NO CAIXILHO (FOTO 2)				4	2,4			
3	VERIFICA A LEITURA DO CÓDIGO 2D DA PLACA				1	0,8			
4	FECHA DISPOSITIVO (FOTO 3)				2	1,2			
5	APERTA PARAFUSO 1 (FOTO 4)				5	3,0			
6	APERTA PARAFUSO 2 (FOTO 5)				5	3,0			
7	COLOCA ETIQUETA INTERMÉDIA (FOTO 6)				2	1,2			
8	COLOCA CONJUNTO PI POSTO SEGUINTE				2	1,2			
Total					23	13,8			
Data: 10-02-2017		Realizado por: Hugo Moreira		Verificado por:		Aprovado por:			
Função: E									
Nome: Hugo Moreira									



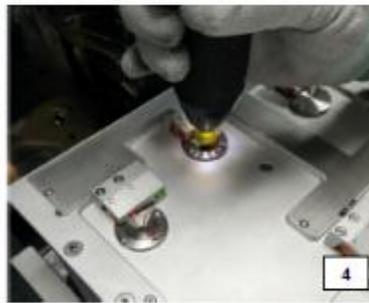
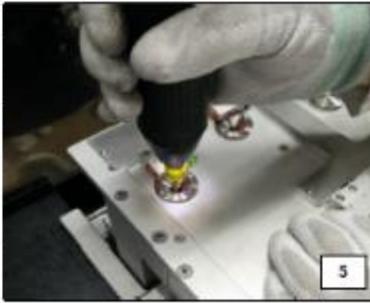
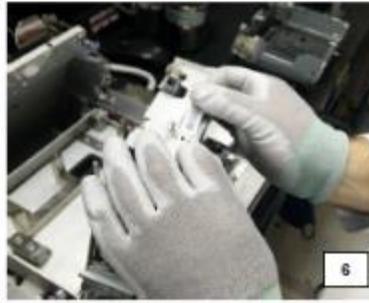
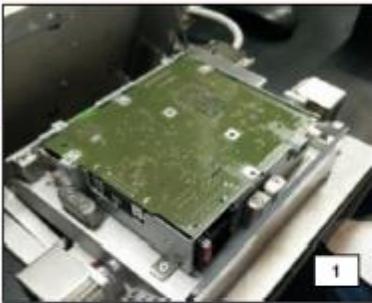
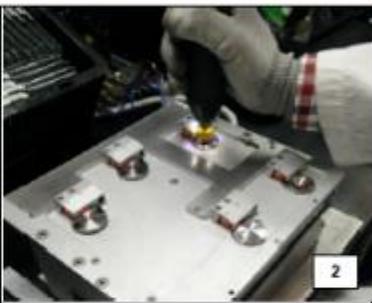





Figura 82 - IT ProdutoD1.FA.P2

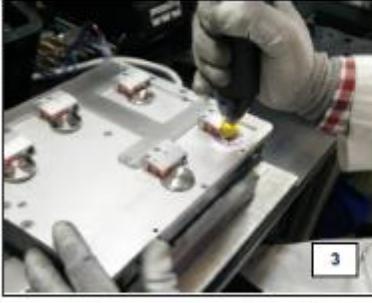
Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho									
Effective Date / Data Efectiva:		10-02-2017		Content Reviewed Date / Data de Revisão:		11-04-2017		Page 1 de 3	
Processo / Modelo: <u>ProdutoD1.FA.P3</u> Lugar: <u>3º</u> Ref. Doc.: _____ Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>				Notas Importantes: SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE					
									
Seq. Oper.	Item ID	Element			Element Time				
		Mão Esquerda	Amos Mãos	Mão Direta	Metor	Metor (Sec)	Metor Time	Metor Time	
1		COLOCA APARELHO NO DISPOSITIVO (FOTO1)			2	1,2			
2		FECHA O DISPOSITIVO			2	1,2			
3		APERTA PARAFUSO 1 (FOTO 2)			5	3,0			
4		APERTA PARAFUSO 2 (FOTO 3)			5	3,0			
5		ABRE A TAMP A DO DISPOSITIVO			2	1,2			
6		COLOCA A TAMP A INFERIOR NO APARELHO (FOTO 4)			4	2,4			
7		RETIRA O APARELHO DO DISPOSITIVO			2	1,2			
8		COLOCA A BAL A NO APARELHO (FOTO 5)			2	1,2			
9		COLOCA CONJUNTO P/ POSTO SEGUINTE			2	1,2			
Total:					26	15,0			
Data:		Realizado por:		Verificado por:		Aprovado por:			
10-02-2017		IE							
Nome:		Hugo Moreira							



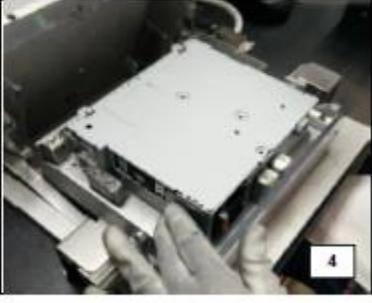
1



2



3



4



5

INSERIR FOTO

Figura 83 - IT ProdutoD1.FA.P3

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 10-02-2017 Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 10-02-2017 Page 1 de 3

Processo / Modelo: ProdutoD1.FA.P4

Lugar: 4º

Ref. Doc.: _____

Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

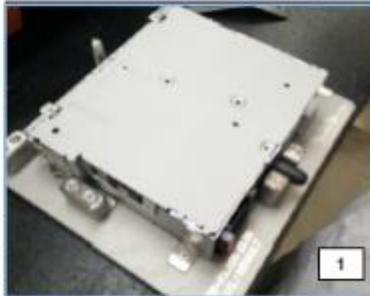
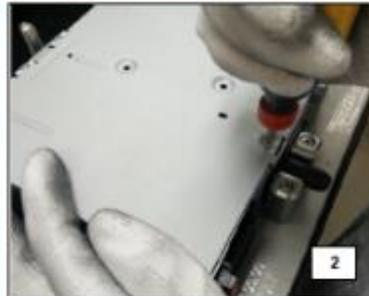
Notas Importantes:
SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE

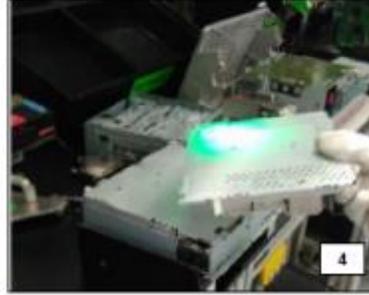


Seq. Oper.	Task ID	Element			Element Time			
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Min	Sec	Min	Sec
1		COLOCA O APARELHO NO DISPOSITIVO (FOTO 1)			2	1,2		
2		APERTA PARAFUSO (FOTO 2)			5	3,0		
3		RODA O APARELHO E COLOCA NO DISPOSITIVO (FOTO 3)			2	1,2		
4		PEGA TAMPA SUPERIOR E LÊ CÓDIGO NO SCANNER (FOTO 4)			5	3,0		
5		COLOCA TAMPA SUPERIOR NO APARELHO (FOTO 5)			5	3,0		
6		COLOCA CONJUNTO P/ POSTO SEGUINTE			2	1,2		
Total					21	12,6		

ATENÇÃO:
Verificar sempre se a tampa superior tem a aplicação de T-Grease!





INSERIR FOTO

Data:	Realizado por:	Verificado por:	Aprovado por:
10-02-2017	E		
Nome:	Hugo Moreira		

Figura 84 - IT ProdutoD1.FA.P4

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date / Data Efectiva: 19-02-2017 Content Reviewed Date / Data de Revisão: 19-02-2017 Page 1 de 3

Processo / Modelo: ProdutoD1.FA.P5
 Lugar: 5º
 Ref. Doc.: _____
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

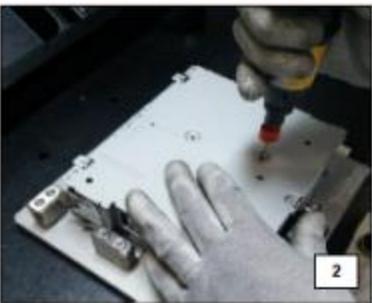
Notas Importantes:
 SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE



Seq. Oper. Sheet	Seq. O	Element			Element Time			
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Min	Seg	Min	Seg
	1	COLOCA APARELHO NO DISPOSITIVO			2	1,2		
	2	APERTA PARAFUSO 1 (FOTO 2)			5	3,0		
	3	APERTA PARAFUSO 2 (FOTO 3)			5	3,0		
	4	RODAR APARELHO E COLOCA NO DISPOSITIVO (FOTO 4)			2	1,2		
	5	PEGA NA BLENDA E LÊ CÓDIGO 2D (FOTO 5)			5	3,0		
	6	INSERE BLENDA NO APARELHO (FOTO 6)			4	2,4		
	7	COLOCA CONJUNTO P/ POSTO SEGUINTE			2	1,2		
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							
	13							
	14							
	15							
	16							
	17							
	18							
	19							
	20							
	21							
	22							
	23							
Total				25	15			



1



2



3



4



5



6

Data:	Realizado por:	Verificado por:	Aprovado por:
19-02-2017	JE		
Nome:	Fugo Moreira		

Figura 85 - IT ProdutoD1.FA.P5

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 10-02-2017 Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 10-02-2017 Page 1 de 3

Processo / Modelo: ProdutoD1.FA.P6

Lugar: 6º

Ref. Doc.: _____

Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>



Notas Importantes:
SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE

Seq. Oper.	Seq. El.	Element			Element Time			
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Min	Seg	Min	Seg
1		PEGAR NO APARELHO			2	1,2		
2		COLOCAR SILICONE NA LATERAL DO APARELHO (FOTO 1)			4	2,4		
3		COLOCAR APARELHO NO DISPOSITIVO (FOTO 2)			2	1,2		
4		COLOCAR CHAPA DE REFRIGERAÇÃO (FOTO 3)			2	1,2		
5		APERTAR PARAFUSO 1 (FOTO 4)			5	3,0		
6		APERTAR PARAFUSO 2 (FOTO 5)			5	3,0		
7		APERTAR PARAFUSO 3 (FOTO 6)			5	3,0		
8		COLOCA CONJUNTO P/ POSTO SEGUINTE			2	1,2		
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
Total					27	16,2		

Data: 10-02-2017

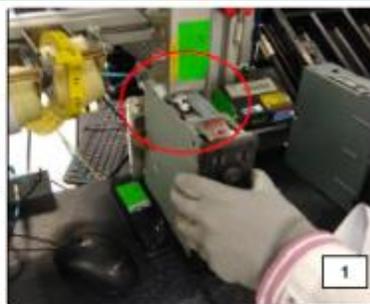
Função: IE

Nome: Hugo Moreira

Realizado por:

Verificado por:

Aprovado por:





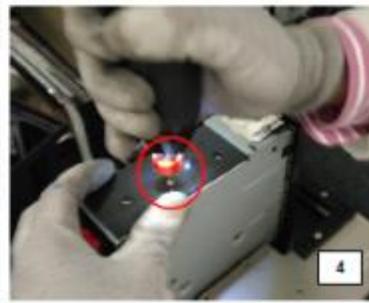





Figura 86 - IT ProdutoD1.FA.P6

ANEXO VI - CÁLCULO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO PRODUTO E

Cálculo dos indicadores antes das alterações:

$$\text{Eficiência (\%)} = \frac{\sum \text{Tempos de ciclo dos postos (seg.)}}{\text{Tempo de ciclo do sistema (seg.)} * N^{\circ} \text{ postos}} * 100 = \frac{28,2 + 27 + 27,6 + 28,8 + 24 + 26,4}{28,8 * 6} * 100 = E = 93,75\%$$

$$\text{Índice de Planura} = \sqrt{\sum (\text{TC de cada posto (seg.)} - \text{TC do sistema (seg.)})^2} = I_p = 5,30$$

$$\text{Output antes das alterações (uni./dia)} = \frac{\text{Horas trabalho diárias (s)}}{\text{Tempo ciclo (s)}} * OE = \frac{7,7 * 60 * 60}{28,8} * 0,9$$

$$= 866,25 \text{ uni./dia} * 3 \text{ linhas} * 2 \text{ turnos} = P_{\text{diária}} = 5.197 \text{ uni./dia}$$

$$P_r = \frac{P_{\text{diária}}}{T_D * n} = \frac{5.197}{7,7 * 6} = P_r = 112,49 \text{ uni./h. h}$$

Cálculo dos indicadores depois das alterações:

$$\text{Eficiência (\%)} = \frac{\sum \text{Tempos de ciclo dos postos (seg.)}}{\text{Tempo de ciclo do sistema (seg.)} * N^{\circ} \text{ postos}} * 100 = \frac{26,4 + 26,4 + 24,6 + 22,2 + 24 + 26,4}{26,4 * 6} * 100 = E = 94,70\%$$

$$\text{Índice de Planura} = \sqrt{\sum (\text{TC de cada posto (seg.)} - \text{TC do sistema (seg.)})^2} = I_p = 5,16$$

$$\text{Output depois das alterações (uni./dia)} = \frac{\text{Horas trabalho diárias (s)}}{\text{Tempo ciclo (s)}} * OE = \frac{7,7 * 60 * 60}{26,4} * 0,9$$

$$= 945 \text{ uni./dia} * 3 \text{ linhas} * 2 \text{ turnos} = P_{\text{diária}} = 5.670 \text{ uni./dia}$$

$$P_r = \frac{P_{\text{diária}}}{T_D * n} = \frac{5.670}{7,7 * 6} = P_r = 122,73 \text{ uni./h. h}$$

Melhoria em células de montagem de blendas de rádios para a indústria automóvel aplicando princípios *Lean*

Tabela 22 - Cálculo da poupança em material para produto E

	2017	2018	2019	2020	2021	TOTAL
Volumes	1.038.462	1.028.498	1.448.332	1.174.741	906.884	5.596.917
Nº parafusos	2076924,00	2056996,00	2896664,00	2349482,00	1813768,00	11.193.834
Poupança	17.840,78 €	17.669,60 €	24.882,34 €	20.182,05 €	15.580,27 €	96.155,03 €

$$Poupança = \frac{N^{\circ} \text{ parafusos}}{1000} * \text{Preço de 1000 (1000 parafusos custam 8,59 euros)}$$

$$N^{\circ} \text{ parafusos} = \text{Volume} * 2 \text{ (reduziu - se 2 parafusos por aparelho)}$$

Tabela 23 - Volumes do produto E para os próximos 5 anos

Volumes (unidades/ano)						
Produto	2017	2018	2019	2020	2021	Total
E	1.038.462	1.028.498	1.448.332	1.174.741	906.884	5.596.917

ANEXO VII - ECRÃ INICIAL DA FERRAMENTA DA DELPHI

PML	Braga	Dokumented by: [REDACTED]	Calculate savings	Print report	Clear form	Unprotect		
Removal of 2 screws from product E			Choose from list or enter Improvement-tools used:	Enter team-members:				
Effective Savings	Year	Month	Break-even-point in 2017	Implementation-cost	Implementation-Timing	Functional area		
Start	2017	January			Start	End		
End	2021	December						
	Operator c/t	Machine c/t	Floorspace	Investment	BOM	FTQ	Scrap	Uptime
Process (CCET)	Dir Labor - Finishing		sqm sqft				Re-use % of scrapped parts 50%	
Starting condition	9,0 Op. 28,8 sec							
Improved condition	9,0 Op. 26,4 sec							
Improvement	21,6 sec							
Volumetable		<input type="checkbox"/> Including Overhead	Savings			Currency: Euro		
Year	Volume	Conversions	Machine-hours	Capital Avoidance	Material	FTQ / Uptime	Floorspace	Total
2017	1.038.462	73.015						73.015
2018	1.028.498	73.479						73.479
2019	1.448.332	105.302						105.302
2020	1.174.741	87.052						87.052
2021	906.884	68.454						68.454
Total:		407.303						407.303

Figura 87 - Ecrã da ferramenta