



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Sara Manuela da Costa Fernandes

**Melhoria da eficiência dos processos de
montagem de componentes plásticos
utilizando ferramentas *Lean***

Tese de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor José Francisco Pereira Moreira

Outubro de 2017

DECLARAÇÃO

Nome:

Sara Manuela da Costa Fernandes

Endereço eletrónico: a68768@alunos.uminho.pt Telefone: +351967819475

Número do Bilhete de Identidade:14583477

Título da dissertação:

Melhoria da eficiência dos processos de montagem de componente plásticos utilizando ferramentas Lean

Orientador:

Professor Doutor José Francisco Pereira Moreira

Ano de conclusão: 2017

Designação do Mestrado:

Mestrado integrado em Engenharia e Gestão Industrial

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

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

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

No decorrer deste projeto foram várias as pessoas que contribuíram para a sua concretização. A todas elas, um sincero agradecimento. Contudo, é imprescindível um especial agradecimento:

À *Delphi Automotive Systems* pela oportunidade de desenvolver a dissertação na empresa e pela experiência profissional proporcionada.

Ao Engenheiro Jorge Duarte pelos conhecimentos transmitidos que permitiram o meu desenvolvimento enquanto profissional.

A todos os colegas do Departamento dos Plásticos pelo ambiente integrador e de companheirismo proporcionados ao longo do projeto.

Ao Engenheiro Sérgio Torres e Engenheiro João Moura pela disponibilidade, incentivo e orientação, mas, sobretudo, pela cumplicidade e amizade.

Ao professor Doutor Francisco Moreira, pelo esclarecimento de dúvidas e apoio prestado no decorrer deste percurso.

Por último, agradeço especialmente à minha família, à qual dedico esse trabalho, pelo apoio incondicional e incansável proporcionado em todas as etapas da minha vida pessoal e profissional e por todo o esforço realizado para a concretização de todo o meu percurso académico.

Obrigada.

RESUMO

O projeto descrito ao longo desta dissertação realizou-se em ambiente industrial, na *Delphi Automotive Systems – Portugal S.A.* e foi desenvolvido no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial. Esta organização dedica-se à produção de componentes plásticos e eletrónicos aplicados em rádios e sistemas de navegação e procura adotar estratégias que reduzam custos e eliminem desperdícios que não acrescentam valor ao produto com o intuito de responder a uma indústria automóvel altamente competitiva.

Assim, o propósito do trabalho desenvolvido é a melhoria do desempenho dos processos de montagem na área dos plásticos com o recurso a princípios e ferramentas *Lean*. A revisão crítica bibliográfica ao *Lean Manufacturing* realizada permitiu a seleção dos mais relevantes para este projeto, entre os quais o *Standard Work*, gestão visual, *Kaizen* e *5S's*.

Numa primeira fase, tendo em conta a metodologia *Action Research*, foi efetuado um diagnóstico ao estado atual da área em causa que corroborou a existência de problemas que afetam o seu desempenho entre os quais um número elevado de paragens, problemas de qualidade, a realização de tarefas sem valor acrescentado, uma débil gestão visual das métricas de desempenho e a inexistência de um plano de rotatividade.

Após a análise e identificação de problemas, procedeu-se à apresentação e implementação de ações de melhoria que consistiram em modificações nas linhas de montagem, alterações de processos e implementação de ferramentas de gestão visual. O resultado das ações propostas compreendeu a redução de tempos de ciclo, a diminuição do refugo, a redução de movimentações e transportes, a melhoria da eficiência dos processos fornecedores e o aumento do controlo sobre as métricas de desempenho. Para além disso, as ações conduzem a uma poupança monetária no valor estimado de 6 718,30€ por mês. Assim, o trabalho desenvolvido deverá servir para impulsionar a melhoria contínua nos processos produtivos de toda a organização.

PALAVRAS-CHAVE

Lean Manufacturing; Desperdícios; Desempenho; Gestão visual; Normalização de processos

ABSTRACT

The present dissertation describes a project developed in an industrial environment at the *Delphi Automotive Systems – Portugal S.A.* and it was developed as part of the Integrated Degree in Industrial and Management Engineering. This Company is engaged in the production of plastics and electronic components which are applied in car-radios. The search strategies that allow for cost reduction and a decrease in the time spent in activities with no added value, in order to answer the automotive highly competitive market, is a major concern. Therefore, the purpose of this work is the improvement of performance of assembly processes in the plastics area using Lean principles and tools.

A literature review on Lean Manufacturing was made which allowed a selection of tools, techniques and concepts relevant for application on the project.

Initially, taking into account the Action Research methodology, a diagnosis to the current state was made, to check for problems which affect the production performance such as a high number of stops, quality problems, non-value added activities, poor visual management of performance metrics and the lack of a rotation plan.

Following the analysis and problems' identification, a number of improvement proposals were presented and implemented to solve the problems. These were focused on assembly line modifications, process changes and implementation of visual management tools. The results of the proposed actions included the reduction of scrap and increase of the quality of a product, the reduction of wastes associated to movements and transport, the improvement of efficiency of the supplier processes and the increase of the metrics performance control. Additionally, the actions lead to savings that amount to about 6 718,30€ per month. Thus, the work developed should drive continuous improvement in the production processes throughout the organization.

KEYWORDS

Lean Manufacturing; Wastes; Performance; Visual management; Standard Work

ÍNDICE

Agradecimentos	iii
Resumo.....	iv
Abstract	v
Índice	vi
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas.....	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xiv
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de Investigação	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	4
2. Revisão de literatura	6
2.1 Lean Manufacturing	6
2.1.1 Origem e conceito Lean.....	7
2.1.2 Fundamentos Toyota Production System	10
2.1.3 Princípios Lean Thinking.....	15
2.1.4 Identificação dos 3M.....	16
2.1.5 Identificação dos tipos de desperdício.....	17
2.2 Técnicas e Ferramentas Lean Manufacturing	21
2.2.1 Ciclo Plan-Do-Check-Act.....	21
2.2.2 Técnica 5S.....	22
2.2.3 5W2H's	23
2.2.4 Standard Work	23
2.2.5 Single Minute Exchange of Die.....	27
2.2.6 Diagrama Ishikawa	27
2.2.7 A3 Problem Solving	28
2.2.8 Controlo Visual	29
2.2.9 Key Performance Indicator.....	30

2.3	Benchmarking	34
2.4	Rotatividade entre postos de trabalho	35
3.	Apresentação da Empresa	37
3.1	Grupo Delphi.....	37
3.2	Delphi Automotive Systems – Portugal SA.....	38
3.3	Produtos e Clientes.....	39
3.4	Missão, Visão e Valores	39
3.5	Área Produtiva de componentes plásticos.....	40
3.6	Fluxo de produção	41
3.7	Secção Injeção	42
3.8	Secção Pintura	43
3.9	Secção Montagem final	45
4.	Descrição e análise crítica da situação inicial	48
4.1	Ineficiências relativas à montagem final	48
4.2	Ineficiências no processo produtivo de A.....	50
4.3	Ineficiências na injeção de teclas do produto A.....	56
4.4	Ineficiências no processo produtivo de B.....	58
4.5	Existência de actividades sem valor acrescentado.....	60
4.6	Ineficiências associadas ao abastecimento de materiais ao supermercado pintura 63	
4.7	Ineficiências associadas ao abastecimento de materiais ao supermercado injeção 66	
4.8	Análise crítica do “Cell/Line Glass Wall Document Board”	67
4.9	Inexistência de um plano de rotatividade	70
4.10	Desorganização de dispositivos After-Sales	72
4.11	Síntese da descrição e análise crítica	73
5.	Apresentação de Propostas de Melhoria	74
5.1	Alterações na linha de montagem do produto A	74
5.2	Alteração de software na disposição de peças na máquina de injeção.....	76
5.3	Implementação de uma prensa automática	77
5.4	Eliminação da leitura de ordens de produção.....	78
5.5	Melhoria do processo de Pad Print	79
5.6	Organização do supermercado de peças injectadas	81

5.7	Proposta de um novo “Cell/Line Glass Wall Document Board”	83
5.8	Gestão visual.....	87
5.9	Definição de um plano de rotatividade entre postos de trabalho.....	87
5.10	Organização dos dispositivos after-sales.....	90
6.	Análise e Discussão de Resultados	91
6.1	Melhoria FTQ e rebalanceamento da linha de montagem do Produto A.....	91
6.2	Otimização do processo de injeção das peças do produto A.....	94
6.3	Otimização do processo de montagem do produto B	95
6.4	Eliminação de tarefas sem valor acrescentado.....	98
6.5	Melhoria de OE da seção de pintura	99
6.6	Eliminação de movimentações desnecessárias.....	100
6.7	Maior controlo do processo produtivo e dos KPI.....	102
6.8	Maior organização de dispositivos after sales	103
6.9	Síntese dos problemas, propostas de melhoria e resultados esperados.....	104
7.	Conclusão.....	105
7.1	Considerações finais	105
7.2	Trabalho Futuro	107
8.	Referências Bibliográficas	108
	Anexo I – A3 Problem Solving Produto A	115
	Anexo II – SWCT - Produto A.....	116
	Anexo III – WI Produto A.....	117
	Anexo IV – SWCT - Produto B.....	118
	Anexo V – Instrução de housekeeping.....	119
	Anexo VI – Instrução de Gestão FIFO (alocação/recolha).....	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cronograma histórico do conceito Lean (S. C. Bell & Orzen, 2011).....	7
Figura 2 Casa do TPS (Pinto, 2014).....	11
Figura 3 Push Production System (Redação Indústria Hoje, 2012).....	12
Figura 4 Pull production System (Redação Indústria Hoje, 2012)	12
Figura 5 Modelo 4P da "Toyota Way"	14
Figura 6 Os cinco princípios do Lean (Brown, 2017)	16
Figura 7 Identificação dos 3M (mura, muri, muda) (Citeve, 2012).....	16
Figura 8 Tipos de desperdício (Lowrie, 2015)	17
Figura 9 Ciclo de melhoria contínua PDCA (Steve Bell, 2005)	21
Figura 10 Elementos do Standard Work (Yasuhiro Monden, 2012)	24
Figura 11 Standard Work Chart (Kosaka & Kishida, 2012).....	25
Figura 12 Standard Work Combination Table (SWCT) (Kosaka & Kishida, 2012)	26
Figura 13 Diagrama de Ishikawa (Chittenden, 2017).....	28
Figura 14 The problem Solving A3 Report (Delphi Automotive Systems,2017)	29
Figura 15 Critérios SMART (Shahin & Mahbod, 2007).....	31
Figura 16 OEE e perspetivas de desempenho (Muchiri & Pintelon, 2008).....	32
Figura 17 Processo Benchmarking (Pulat, 1994).....	35
Figura 18 O grupo Delphi em Portugal.....	37
Figura 19 Complexo fabril Delphi Braga.....	38
Figura 20 Produtos e principais clientes Delphi.....	39
Figura 21 Seções do edifício 2.....	40
Figura 22 Fluxo de informação e material na área dos plásticos.....	41
Figura 23 a) Máquina de injeção; b) Local de reparações (Serralharia)	42
Figura 24 a) Jig utilizado no carregamento; b) Máquina de pintura.....	43
Figura 25 a) Área de inspeção visual; b) Máquina de Pad print	44
Figura 26 Supermercado de: a) peças pequenas injetadas (caixas); b) peças grandes injetadas; c) peças inspecionadas	44
Figura 27 Subsecções montagem final.....	45
Figura 28 a) Máquina de Laser; b) Linha de montagem	45
Figura 29 a) Postos Stand-Alone; b) Máquina Heat Stake	46

Figura 30 Supermercado de a) peças injetadas e b) peças pintadas	47
Figura 31 Supermercado peças de compra.....	47
Figura 32 Sequência para melhoria do OA.....	48
Figura 33 Janela exibição do software de registo de paragens	49
Figura 34 Percentagem de tempo não produtivo por evento	49
Figura 35 Tipos de defeitos mais recorrentes;.....	51
Figura 36 Incidência dos riscos e danificações por produto	51
Figura 37 Incidência de riscos e danificações na produção mensal	52
Figura 38 Concentração dos defeitos Produto A	53
Figura 39 Diagrama de Ishikawa Produto A	53
Figura 40 Esquematização do estado inicial linha de montagem final de A.....	54
Figura 41 Principais causas de riscos/danificações na WS1 (a), na WS2 (b) e na WS3 (c).....	55
Figura 42 Armazenamento de WIP de jigs	56
Figura 43 a) Disposição inicial das peças no tapete; b) Acesso restrito máquina injeção 2	58
Figura 44 Esquematização da linha de montagem final de B	58
Figura 45 a) Colocação do produto B na prensa; b) Prensa manual; c) Posto de inspeção final linha de montagem final de B	59
Figura 46 Percurso teórico de qualquer produto injetado	61
Figura 47 Esquematização do processo produtivo de brackets e leituras iniciais.....	62
Figura 48 Acoplagem da máquina de injeção e cravação	62
Figura 49 a) Ferramenta utilizada na tampografia; b) Ferramentas e máquina de tampografia (tampão).....	64
Figura 50 Diagrama de Ishikawa Tampografia	64
Figura 51 a) Armário inicial de armazenamento de ferramentas; b) Pedal acionado para execução da tamponada	65
Figura 52 Sequência inicial de atividades de setup da tampografia	66
Figura 53 Layout estabelecido para exposição de métricas	68
Figura 54 a) Estado inicial do Cell/Line Glass Wall Document Board da área dos plásticos; b) KPIs mensais, Problem Solving da área dos plásticos	69
Figura 55 Postos Stand-Alone no laser (a) e na cravação (b).....	70

Figura 56 a) Linha de montagem, cravação, inspeção e embalagem; b) Linha de montagem manual.....	70
Figura 57 Estado inicial do armazenamento dos dispositivos After-Sales.....	72
Figura 58 Alterações verificadas na WS1 (a) e na WS3 (b)	74
Figura 59 Estante WIP de jigs com teclas antes (a) e após (b) implementação 5S.....	76
Figura 60 a) Disposição de peças no tapete após alteração; b) Suporte auxiliar de separação de peças à saída do tapete.....	77
Figura 61 a) Prensa manual existente inicialmente; b) Prensa automática implementada; c) Rampa de acesso a material e prensa automática	78
Figura 62 Esquematização do processo produtivo de brackets e leituras após alteração	79
Figura 63 Percurso teórico de qualquer produto injetado e percurso brackets após alteração	79
Figura 64 Armazenamento de ferramentas de Pad Print após aplicação de 5S's	80
Figura 65 Sequência de atividades de setup da tampografia após alterações.....	81
Figura 66 a) Armazenamento após implementação da técnica 5S's; b) Mapa visual de localização de material; c) Estante com posições e níveis atribuídos	82
Figura 67 Armazenamento de guias de CD e de luz antes (a) e depois da alteração (b).....	83
Figura 68 Proposta de novo Cell/Line Glass Wall Document Board da área dos plásticos	84
Figura 69 Proposta de novo Cell/Line Glass Wall Document Board (KPIs mensais, Problem Solving) da área dos plásticos	86
Figura 70 a) Gestão visual seção montagem; b) Gestão visual seção pintura.....	87
Figura 71 Layout do chão de fábrica	89
Figura 72 Plano de rotatividade	89
Figura 73 a) Armazenamento dos dispositivos After-Sales após implementação 5S; b) Localização dos dispositivos After-Sales e dos dispositivos de uso diário.....	90
Figura 74 Percentagem de refugo do produto A na montagem final e total	92
Figura 75 FTQ relativo a riscos no produto A.....	92
Figura 76 Esquematização do estado final linha de montagem final de A.....	93
Figura 77 Esquematização do estado final da linha de montagem final de B	96
Figura 78 Armazenamento de ferramentas de Pad print antes (a) e depois (b) da implementação 5S.....	100

Figura 79 Armazenamento dos dispositivos After-Sales antes (a) e depois (b) da implementação 5S..... 103

Índice DE Tabelas

Tabela 1 Estado inicial do FTQ do produto A e o seu impacto no OE.....	52
Tabela 2 Estado Inicial máquina de injeção 3	57
Tabela 3 Estado inicial máquina de injeção 2	57
Tabela 4 Estado inicial processo produtivo de B.....	59
Tabela 5 Tempos de realização de tarefas realizadas pelo colaborador de injeção e PC&L antes da alteração.....	63
Tabela 6 Estado inicial de acionamento de pedal.....	65
Tabela 7 Estado inicial das atividades para arranque da tampografia	66
Tabela 8 Estado inicial do transporte e alocação de guias de CD e de luz	67
Tabela 9 Resumo dos problemas identificados	73
Tabela 10 Resultados esperados com a melhoria de FTQ do produto A.....	93
Tabela 11 Alteração de capacidade da linha de montagem final de A.....	93
Tabela 12 Resultado da alteração do TC do produto A	94
Tabela 13 Resultado da otimização do processo de injeção na máquina 2	94
Tabela 14 Resultado da otimização do processo de injeção na máquina 3	95
Tabela 15 Alteração de capacidade da linha de montagem final de B	96
Tabela 16 Resultado da alteração do TC do produto B.....	97
Tabela 17 Resultado da otimização do processo produtivo de B	97
Tabela 18 Tempos de realização de tarefas realizadas pelo colaborador de injeção e PC&L após alteração.....	98
Tabela 19 Resultado da eliminação de tarefas sem valor acrescentado.....	99
Tabela 20 Resultado da proposta de implementação de sensores	99
Tabela 21 Resultado da proposta de partilha de atividades de setup.....	100
Tabela 22 Resultado da proposta para colaborador injeção	101
Tabela 23 Resultado da proposta para colaborador Operations.....	101
Tabela 24 Resultado da eliminação das movimentações desnecessárias para a organização	101
Tabela 25 Resumo dos problemas identificados, propostas de melhoria e resultados	104

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

AR – *Action Research*

FIFO – *First In First Out*

FTQ – *First Time Quality*

FTTQ – *First Time Through Quality*

JIT – *Just in Time*

KPI – *Key Performance Indicator*

LME – *Lesões músculo-esqueléticas*

OE – *Overall Efficiency*

OP – *Ordem de produção*

PC&L – *Production, Control and Logistics*

PDCA – *Plan-Do-Check-Act*

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

SOS – *Standard Operation Sheet*

SW – *Standard Work*

SWC – *Standard Work Chart*

SWCT – *Standard Work Combination Table*

TC – *Tempo de ciclo*

TT – *Takt time*

WIP – *Work-in-process*

WS – *Work Station*

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação foi realizada, em ambiente industrial, na Empresa *Delphi Automotive Systems* no âmbito da Unidade Curricular de Projeto, do 5ºano do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho.

Neste primeiro capítulo é efetuado um enquadramento do projeto no tema *Lean Manufacturing*, referidos os objetivos do mesmo, a metodologia de investigação adotada e uma breve descrição da estrutura da dissertação.

1.1 Enquadramento

No início do século XX, Fred Winslow Taylor e Henry Ford procuram ultrapassar as fraquezas da produção artesanal introduzindo os princípios de produção em massa (Womack & Jones, 1996). A permutabilidade e a facilidade de montagem de peças, a redução de ações necessárias para a execução de tarefas e a criação de linhas de montagem móveis foram as principais inovações de Ford. No entanto, a produção em massa tinha os seus problemas de alienação dos trabalhadores, de qualidade, de maquinaria e de engenharia (Dennis, 2007) e Eiji Toyoda e Taichi Ohno concluíram a inviabilidade deste sistema de produção no Japão que carecia de melhorias (Ohno, 1988). O *Toyota Production System* (TPS), ou *Lean Production*, foi a solução encontrada para colmatar os problemas existentes (Dennis, 2007).

Lean Production foi aceite como um paradigma inovador que visa a eliminação de qualquer desperdício em qualquer lugar e momento, procura alcançar um fluxo contínuo de materiais e informações e busca continuamente a perfeição (Prakash & Kumar, 2011).

Na atual realidade económica mundial, devido à intensa concorrência, globalização e explosão da tecnologia, a aprendizagem organizacional, a criação de conhecimento e a capacidade de inovação e, portanto, a adoção de uma cultura *Lean* surgem como fatores preponderantes para uma vantagem competitiva (Shahin & Mahbod, 2007). Ajustar os processos de produção às exigências de um mercado competitivo requerer uma análise das atividades segundo a perspetiva do fluxo de material, fluxo de informação e eliminação de qualquer fonte de desperdício (Muchiri & Pintelon, 2008; Pałucha, 2012).

A empresa *Delphi Automotive Systems – Portugal S.A.*, inserida no sector automóvel altamente competitivo, procura superar os níveis de qualidade e aumentar a flexibilidade no

serviço ao cliente, sendo o seu foco a busca incessante por melhorias dos processos de fabrico. É, assim, categórica a presença de uma filosofia *Lean* que permita eliminar os desperdícios encontrados na cadeia de valor e reduzir custos no fornecimento de produtos de qualidade. Composta inicialmente por uma área de produção, a *Delphi Automotive Systems – Portugal S.A* instalou recentemente uma segunda unidade de produção responsável pela injeção, pintura e montagem de componentes plásticos fornecidos à área de produção que visa a montagem de componentes eletrónicos para marcas automóveis de renome mundial tais como a *Volkswagen, Audi, Fiat, Porsche*, entre outras.

A presente dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, resultou de um projeto desenvolvido na área dos plásticos e centra-se na aplicação de ferramentas *Lean* na análise e melhoria de processos de montagem que constituem ineficiências e, consequentemente, lacunas que devem ser superadas.

1.2 Objetivos

O desenvolvimento deste projeto tem como foco a identificação de ineficiências na área da montagem final associadas à existência de desperdícios ao longo do processo produtivo. O objetivo primordial visa a melhoria das métricas de desempenho (*Overall Efficiency, First Time Quality, Changeover* entre outras), incluindo um plano de rotatividade oficial entre postos de trabalho, para o qual será necessário:

- Analisar e diagnosticar as condições atuais do sistema produtivo;
- Identificar, observar e analisar as operações realizadas pelos operadores, de modo a identificar as operações que não acrescentam valor, como, por exemplo, manuseamento de materiais, movimentações, defeitos e stocks, que são denominados desperdícios e afetam diretamente a eficiência dos processos;
- Rever procedimentos e promover a sua normalização (*Standard Work*);
- Avaliar a existência de oportunidades de melhoria;
- Reorganizar materiais e ferramentas.

1.3 Metodologia de Investigação

Para a concretização dos objetivos propostos foi feita uma revisão bibliográfica sobre o tema em busca de conhecimento nas diversas fontes primárias, secundárias e terciárias.

A estratégia de investigação utilizada para o desenvolvimento deste projeto foi a metodologia *Action Research* (AR), em português, Investigação-Ação que incentiva a ação e simultaneamente a criação de conhecimento científico e teorias sobre essa mesma ação. A ideia passa por usar a AR como uma abordagem científica para a resolução de questões sociais e organizacionais, trabalhando em cooperação com aqueles que lidam diretamente com estas questões (Coughlan & Coughlan, 2002).

Para Avison, Lau, Myers, & Nielsen, (1999) os investigadores que apostem nesta estratégia de investigação, devem explicar a sua abordagem e a sua aplicação, tendo em mente que a investigação poderá ser avaliada, em parte, pela sua capacidade de explicar a prática. Estes autores afirmam que nesta metodologia de investigação se destaca mais o que os profissionais fazem do que aquilo que dizem fazer. Esta metodologia é igualmente apelidada de metodologia de *'learning by doing'* onde o foco incide na mudança, que exige tempo para diagnosticar um problema, desenvolver ações para resolvê-lo e avaliar a sua implementação. Caso não haja resultados satisfatórios o procedimento deve ser novamente percorrido requerendo sempre o envolvimento dos funcionários e profissionais ao longo do processo (O'Brien, 1998).

Portanto, a metodologia Investigação-Ação contempla cinco fases que se repetem de forma cíclica com vista a resolução do problema (O'Brien, 1998):

Diagnóstico: pressupõe a recolha de dados para a identificação e análise de problemas;

Planeamento das ações: tendo em conta os problemas realçados na primeira fase, desenvolver um plano de ações que visem a sua melhoria;

Implementação de ações: execução do plano de ações estudadas na fase antecedente;

Avaliação dos resultados obtidos: estudo das consequências da aplicação prática das ações;

Especificação de aprendizagem: aprofundar a informação obtida com vista a aprendizagem e melhoria do processo.

Assim, e tendo em conta esta metodologia, realizou-se um diagnóstico do processo de montagem final analisando as condições atuais do *shopfloor* o que implicou o reconhecimento de todos os produtos em circulação no processo produtivo. Com o intuito de identificar

oportunidades de melhoria foi necessário recolher dados através da observação direta das atividades de produção e da intervenção junto dos colaboradores e, adicionalmente, consultar documentos da empresa para o levantamento das respetivas medidas de desempenho. Ainda nesta fase, existiu uma análise e identificação dos fatores que exigem a existência de um plano de rotatividade entre trabalhadores.

O planeamento de ações é uma fase que surge como consequência da identificação de problemas na fase anterior, onde se pretende encontrar soluções para as atividades que não acrescentam valor. O plano de ação visa, através da aplicação dos princípios alinhados com a filosofia *Lean Production*, a melhoria dos indicadores de desempenho ou *Key Performance Indicator (KPIs)*. As ferramentas *Lean* abrangidas poderão incluir SMED, 5S, Gestão Visual, mecanismos *Poka-yoke*, *Standard Work* que surgem da aplicação prévia da técnica *5W*.

Na fase seguinte, após um período de formação e incentivo ao desenvolvimento de uma cultura *Lean*, enfatiza-se o termo “mudança” e verifica-se a colocação em prática das ações ponderadas previamente.

A fase de avaliação dos resultados, tal como o nome indica, compreende uma discussão sobre os benefícios resultantes das alterações sugeridas e uma comparação com a situação inicial de modo a verificar o sucesso dos objetivos propostos inicialmente.

Por último, foi feito um balanço que reflete a evolução do sistema e serão abordados os pontos positivos e negativos das ações tomadas. Desta forma, esta reflexão propicia o aparecimento de trabalhos futuros e a presença assídua de uma cultura de melhoria contínua na organização.

1.4 Estrutura da dissertação

O projeto descrito ao longo da dissertação inicia-se com uma revisão bibliográfica sobre *Lean Manufacturing*, expondo a sua origem e princípios, os fundamentos na base do *Toyota Production System* e os principais tipos de desperdícios. Ainda neste **segundo capítulo**, são referidas as principais técnicas e ferramentas *Lean Manufacturing* pertinentes para aplicação no projeto.

No **terceiro capítulo**, verifica-se uma descrição do grupo *Delphi* e caracterização da empresa no complexo industrial onde decorreu o projeto de dissertação. Neste capítulo constam

também informações relativas aos principais produtos e clientes e referidos os princípios essenciais (missão, visão e valores) da *Delphi Automotive Systems*.

Posteriormente, procede-se à descrição e explicação sumária da área produtiva dos componentes plásticos, à enumeração das suas seções produtivas e explicado o seu fluxo de produção.

O **capítulo quatro** dedica-se à exposição e análise crítica do estado atual do sistema produtivo, sendo apresentados os problemas identificados relacionados com a eficiência dos processos, considerado o foco deste projeto.

Após a identificação de oportunidades de melhoria, no **capítulo cinco** são sintetizadas as propostas de melhoria sustentadas em ferramentas *Lean* para colmatar as ineficiências encontradas no decorrer do projeto e descritas no capítulo anterior.

O **capítulo seis** compreende a análise dos resultados reais ou estimados relativos as ações de melhoria propostas que visam a melhoria do desempenho da área produtiva dos plásticos. Ainda neste capítulo é efetuada uma síntese dos problemas identificados, das ações de melhoria propostas e dos resultados esperados.

Finalmente, no **capítulo sete** surge uma reflexão sobre o projeto desenvolvido e os resultados do mesmo e apresentadas sugestões para trabalho futuro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Lean Manufacturing*

Num mundo de constante mudança, os produtos e os clientes tem sido o centro das atenções das empresas. Satisfazer novas exigências ao mais reduzido custo têm sido algumas das características desta nova era o que obriga as empresas a desenvolverem produtos cada vez mais inovadores e com prazos de entrega mais reduzidos. As organizações tendem a procurar ferramentas e metodologias que respondam a esses desafios, que vão surgindo devido não só à crescente competitividade, mas também ao aumento das especificações dos clientes (Panwar, Nepal, Jain, & Rathore, 2015).

'*Lean production*' tem sido uma das estratégias adotadas para aumentar a eficiência de muitas indústrias. Este conceito tem por base o '*Toyota Production System*' (TPS) e emergiu das experiências e iniciativas de Taiichi Ohno na *Toyota Motor Company*, no Japão, após a Segunda Guerra Mundial. Os benefícios na indústria automóvel em termos de produtividade foram logo notórios e despertaram o interesse da indústria americana que rapidamente transferiu esta filosofia de gestão para as empresas mundiais que perseguiram objetivos similares (Shah & Ward, 2007).

Apesar de o conceito de '*Lean Production*' ter vindo a revolucionar os sistemas produtivos a nível mundial, tem sido desde cedo interpretado de diferentes formas.

Para Womack, Jones, & Roos (1990), "(...) *Lean production uses half the human effort in the factory, half the manufacturing space, half the investment in tools, half the engineering hours to develop a new product in half the time. It requires keeping half the needed inventory, results in many fewer defects, and produces a greater and ever growing variety of products (...).*"

Hopp & Spearman, (2004) afirmam que '*Lean production*' é um sistema integrado que procura produzir produtos/serviços com o mínimo de custos de armazenamento, interpretado como um dos principais desperdícios.

A filosofia '*Lean Thinking*', de acordo com Pinto (2008), é um sistema de gestão que incide sobre a elaboração de procedimentos para uma contínua redução de desperdícios, como, por exemplo, excesso de stocks entre estações de trabalho e elevados tempos de espera.

Já Angelis, Conti, Cooper, & Gill (2011) sugerem que '*Lean Production*' é baseado em vários princípios chave: eliminação de atividades que não acrescentam valor, diminuição da

variedade de processos, melhoria contínua dos processos com o envolvimento dos colaboradores e criação de atividades de inspeção e manutenção preventiva periódica.

Por último, Prakash & Kumar (2011) definem *'Lean Production'* como uma abordagem sistemática para identificar e eliminar desperdícios através de uma melhoria contínua e sugerem ainda que o principal desafio das organizações será manter esta filosofia transversal a toda organização.

Ainda que não exista uma definição concisa do termo 'Lean', o objetivo da sua implementação é transversal a todos os autores consistindo no aumento da produtividade, a redução dos custos, a redução dos prazos de entrega e o aumento da qualidade e, portanto, a eliminação dos desperdícios. Tal como Peter Druker afirmou, "Não há nada mais inútil do que fazer de forma eficiente algo que nunca deveria ter sido feito" (Pinto, 2008).

A aplicação prática de ferramentas e técnicas *Lean* traz benefícios claros para todos os tipos de empresas existindo uma melhoria em toda a cadeia de abastecimento motivada pelo aumento do desempenho do negócio. Melton (2005) afirma mesmo que *Lean* "(...) is not an initiative, not a fad, it's a philosophy which has the potential to transform your business (...)".

2.1.1 Origem e conceito *Lean*

O conceito *Lean production* foi utilizado formalmente no artigo *'Triumph of the Lean production system'*, de Krafcik, em 1988 (Vamsi, Jasti, & Kodali, 2017) mas popularizou-se apenas na obra de referência designada por *"The Machine that changed the world"* de Womack, Jones e Roos, publicado nos EUA em 1990. O conceito, apesar de popularizado nesta época, não era novo. Na Figura 1, está representada a evolução histórica do *Lean Manufacturing*.

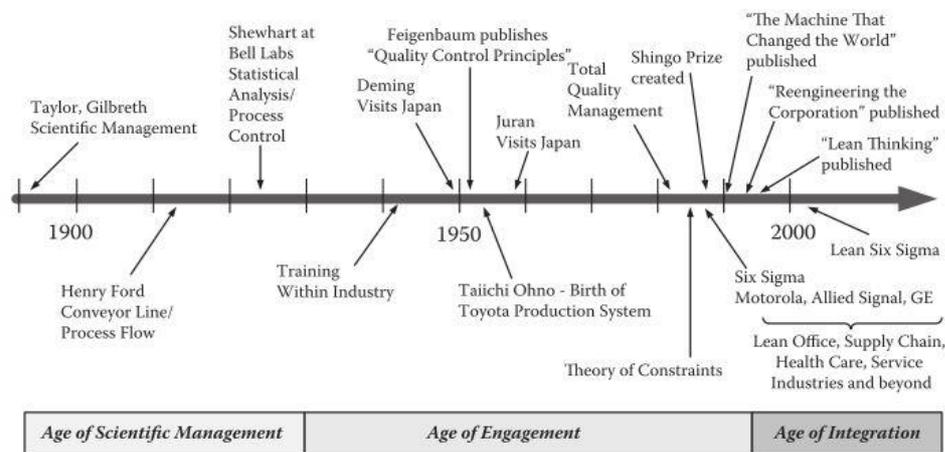


Figura 1 Cronograma histórico do conceito *Lean* (S. C. Bell & Orzen, 2011)

Em 1798, Eli Whitney, lembrado como o inventor da máquina de algodão, apesar de muitas vezes esquecido como um dos criadores do método de produção em massa, introduziu o uso de peças intermutáveis, peças estas que podem ser montadas em qualquer conjunto do mesmo tipo (Schur, 2016).

Mais tarde, Frederick W. Taylor revolucionou os aspetos da vida e da cultura do século XX tornando-se numa figura controversa e afirmava que era possível otimizar a produção determinando a maneira certa de fazer as coisas para atingir o máximo de eficiência, debruçando-se sobre os estudos dos tempos e da padronização do trabalho. Essencialmente, a nova filosofia de Taylor estabelecia que o método científico devia ser aplicado a todos os problemas de gestão. Durante o mesmo período, Frank e Lillian Gilbreth introduziram o estudo dos movimentos (*motions*) e tempos, reduzindo, assim, o tempo de produção (Steven Bell & Orzen, 2011). O trabalho desenvolvido tinha como objetivo aumentar a eficiência das tarefas dos operários, ao mesmo tempo que reduzia a fadiga resultante das mesmas tarefas. Pela primeira vez, surgiu a ideia de eliminação de desperdícios (Strategos, 2016).

Em 1908, Henry Ford incorporou o conceito de fluxo de processo, peças intermutáveis e *standard work* para suportar a primeira linha de montagem movida por transportadores para produzir o Modelo T, modelo automóvel popular e acessível (Steven Bell & Orzen, 2011). A disposição das máquinas tinha em conta a sequência lógica dos processos de produção havendo a deslocação do produto ao longo de um percurso, enquanto os operários permaneciam no mesmo lugar. Esta inovação maximizou as vantagens da economia de escala havendo a produção de mais automóveis simultânea e continuamente e reduzindo também o seu custo unitário (Peinado & Graemi, 2007).

Este período inovador de gestão científica, em que Henry Ford alterou os paradigmas de fabrico artesanal para o fabrico em serie, levou a extraordinários ganhos de produtividade, através da simplificação, divisão e normalização do trabalho. No entanto, esta abordagem científica altamente eficiente conduziu à monotonia dos trabalhadores que rapidamente originou problemas de qualidade, absentismo e conflitos de gestão do trabalho (Steven Bell & Orzen, 2011; Strategos, 2016).

Em 1920, Walter Andrew Shewart reconhecido como o pai do controlo estatístico do processo, reconheceu que a variabilidade de um processo podia ser explicada por princípios de probabilidade e estatística.

Aquando da segunda guerra mundial, foi introduzido um novo programa que promoveu a participação do trabalhador, a resolução de problemas de produtividade, a formação de líderes, a criação de instruções de trabalho e a realização de programas de melhoria que aumentaram a produtividade e qualidade. As ideias de W.Edwards Deming, Joseph Juran, e Armand Feigenbaum, durante este período - conhecido como *The Quality Movement*, promoveram o respeito pelos trabalhadores, a qualidade na produção, o desenvolvimento das capacidades dos trabalhadores, a resolução de problemas em equipa e a definição de valor consoante os requisitos dos clientes (Steven Bell & Orzen, 2011).

Por volta de 1950, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, da *Toyota Motor Corporation*, e outros no Japão, adotaram as ideias de qualidade e melhoria contínua inerentes às ideias de Henry Ford. Contudo, a visão de Henry Ford, outrora sinónimo de eficiência na produção de um tipo de produto (Modelo T cor preta), fracassou devido à sua incapacidade de conciliar volume de produção e variedade de produto sem sacrificar tempo, qualidade e custo. Kiichiro Toyoda, presidente da empresa, juntamente com Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, acreditaram que era possível esse equilíbrio e desenvolveram pesquisas pioneiras na eliminação de desperdícios, *flow, just-in-time*, organização fabril e *standard work*, desenvolvendo o hoje conhecido *Toyota Production System (TPS)*.

Após um período de crise económica, em que a Toyota obteve lucros acima da maioria das empresas japonesas, empresas de todo o mundo competiam na busca de novas metodologias para obter ganhos de produtividade e qualidade.

Em 1980, aplicando rigor estatístico na melhoria de processos e demonstrando os resultados em termos monetários, o *Six Sigma* foi introduzido e rapidamente se tornou um sucesso em empresas como *Motorola, Allied Signal, General Electric*, entre outras.

O ano de 1990 ficou marcado com a publicação da obra de Womack, Jones, & Roos, intitulada de "*The Machine That Changed the World*", onde são apresentados os princípios associados ao TPS e é vinculado o termo "*Lean production*" (AL-Tahat & Jalham, 2015).

Em 1996, após vários estudos, o conceito que era inicialmente aplicado apenas na área de produção evoluiu para uma filosofia de pensamento aplicada a todas as dimensões de uma organização, o '*Lean Thinking*' (Womack & Jones, 1996).

2.1.2 Fundamentos *Toyota Production System*

A *Toyota Motor Company*, líder japonesa na fabricação de automóveis, foi formalmente criada por Sakichi Toyoda, em 1937, mas as complicações surgiram poucos anos depois. Após a segunda guerra mundial e a crise econômica de 1950, previsões otimistas do departamento de vendas originou sobreprodução e o crescente aumento de inventários (Womack & Jones, 1996). Kiichiro, o presidente da empresa na época, renunciou o seu lugar e o seu primo Eiji Toyoda tornou-se diretor gerente do departamento de produção com o intuito de implementar os métodos de produção em massa do americano Henry Ford. Em 1943, o engenheiro mecânico Taichii Ohno experiente no ramo têxtil juntou-se à empresa. A sua inexperiência no ramo automóvel revelou-se essencial na descoberta de duas falhas nos sistemas de produção mundiais (Holweg, 2007). Em primeiro lugar, a produção em grandes quantidades comprometia o fluxo de produção e originava inventário que absorvia capital, espaço e ocultava problemas de qualidade (Holweg, 2007). Em segundo lugar, o sistema Ford era incapaz de se adaptar às preferências individuais dos consumidores e conferir diversidade aos produtos. A solução encontrada por Ohno passava pela produção de pequenos lotes sendo o seu foco a eliminação dos desperdícios, conceito também desenvolvido por si no decorrer da sua experiência na tecelagem (Stevenson, 2005). Paralelamente, surgiram os conceitos “*just in time*” e “*autonomation*” que se tornaram o ponto de partida para o desenvolvimento de um sistema de gestão que conferia vantagem à Toyota, o *Toyota Production System (TPS)* (Holweg, 2007; Womack & Jones, 1996; Womack et al., 1990). Originalmente concebido por Ohno, este visa minimizar todos os tipos de desperdício, preservar o respeito mútuo entre colaboradores e apostar na melhoria contínua de processos e sistemas (*Kaizen*) (Stevenson, 2005). De acordo com Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa (1977), é necessário assumir que algo para além da quantidade mínima de equipamentos, materiais, peças e trabalhadores essencial à produção é apenas um excedente que só acarreta custos. Por outro lado, conferir autonomia aos trabalhadores e permitir a sua participação ativa contribui para um ambiente de trabalho propício a aumentos de produtividade. A teoria e os fundamentos deste sistema de gestão são representados numa “casa”, símbolo de uma estrutura cuja estabilidade é resultado da existência de pilares fortes e partes mais fracas. A Figura 2, ilustra a “Casa do TPS” que se tornou um ícone na indústria mundial e cujos pilares são o *Just-In-Time production (JIT)* e *Autonomation* (em japonês, *Jidoka*).



Figura 2 Casa do TPS (Pinto, 2014)

Just-in-time (JIT)

O primeiro pilar fundamental da “Casa do TPS”, representa a produção JIT que significa produzir apenas quando necessário, na quantidade requerida e no tempo certo garantindo um fluxo de material contínuo (Costa, Sousa, Bragança, & Alves, 2013; Liker & Morgan, 2006). Kumar & Suresh (2008), consideram a produção JIT uma filosofia que visa eliminar todos os desperdícios apostando numa melhoria contínua e aumentar a capacidade de resposta da empresa às mudanças do mercado proporcionando, assim, uma vantagem na concorrência. Geralmente, nas empresas de produção convencional, o planeamento da produção envolve a previsão de necessidades de inventário para responder a um hipotética procura do cliente, sendo cada processo fornecedor do processo seguinte, método designado “*push production system*” e ilustrado na Figura 3 (Monden, 1983; Sugimori et al., 1977). Mas, de acordo com Steve Bell (2005), este planeamento complexo que requer software de previsão é responsável pela existência de elevados inventários para comportar mudanças de mercado e de diversas interrupções do fluxo de produção do qual resultam desperdícios (Monden, 1983).



Figura 3 Push Production System (Redação Indústria Hoje, 2012)

O TPS foi revolucionário neste sentido, adotando um método conhecido como **“pull production system”** no qual os processos a jusante “puxam” os processos anteriores, solicitando a produção de materiais, na quantidade e tempo necessários, determinados com precisão (Monden, 1983; Ortiz, 2006; Sugimori et al., 1977). Na Figura 4, encontra-se representado o fluxo de produção e informação de um sistema pull desde a sua origem (fornecedor) até ao cliente.



Figura 4 Pull production System (Redação Indústria Hoje, 2012)

Segundo Hopp & Spearman (2004), este sistema de produção explicita a quantidade de trabalho que pode estar em progresso em determinado sistema de produção e traz vantagens a nível do *work-in-process* (WIP), tempo de ciclo, qualidade e custos. A manutenção de um fluxo contínuo pode ser alcançada com uma produção nivelada (*Heijunka*) que contribui, igualmente, para um maior controlo sobre o inventário e, também, a criação de condições mais estáveis e processos mais consistentes passíveis de melhorias (Pinto, 2008; Stevenson, 2005).

Assim, considera-se um requisito para uma produção JIT conhecer o tempo necessário para completar uma unidade de produto a fim de cumprir a produção projetada de um determinado processo. Este tempo é intitulado industrialmente de *Takt Time* (cuja tradução do alemão significa “ritmo”) (Steve Bell, 2005; Steven Bell & Orzen, 2011; Ortiz, 2006). O cálculo do TT baseia-se na razão entre o tempo de produção disponível e a procura do cliente para esse mesmo período (Shingo, 1990; Wilson, 2010). Verifica-se, portanto, uma

proporcionalidade inversa entre o TT e a procura do cliente, sendo um aumento desta última refletido na diminuição do primeiro (Sundar, Balaji, & Satheeshkumar, 2014).

Para além da adoção de um sistema *pull*, Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa (1977b) sugerem o conceito de *one piece flow* como um dos princípios subjacentes à produção JIT, em que apenas uma peça pode ser produzida, transportada e mantida entre estações de trabalho. Desta forma, é evitada a produção excessiva e a existência de stock entre processos.

De um modo genérico, podemos concluir que garantir um fluxo de produção, implementar um sistema *pull*, desenvolver *standard work* e planear segundo o TT são os elementos fundamentais da produção JIT (Womack et al., 1990).

Simple de descrever mas difícil de implementar, a produção JIT revela vantagens entre as quais se destacam a diminuição do inventário, a redução do tempo que decorre entre o início e o término de uma atividade produtiva (*lead time*) e revela o excesso de equipamentos e trabalhadores (Steven Bell & Orzen, 2011; Sugimori et al., 1977). Este último é o ponto de partida para a segunda característica do TPS, '*Jidoka*'.

Autonomation (Jidoka)

Para implementar uma produção JIT, abordada anteriormente, cem por cento de peças sem defeitos deve prosseguir para o processo seguinte de modo a garantir a ininterruptão do processo produtivo. Para garantir essa fluidez torna-se essencial a existência de um mecanismo que evite a fabricação de produtos defeituosos nas máquinas ou linhas de produção (Monden, 1983). Surge, então, o conceito de *autonomation*, também conhecido como *Jidoka*, que foi divulgado por Sakichi Toyoda no século XX quando se verificava a paragem constante dos teares automáticos quando algum segmento quebrava, de modo a evitar o desperdício de matéria-prima e tempo de máquina (Womack & Jones, 1996).

Considerado um dos pilares fundamentais do TPS, *Jidoka* é a capacidade conferida à máquina de parar a produção aquando da existência de defeitos ou de qualquer outra situação anormal (Costa et al., 2013). Segundo Liker & Morgan (2006), além de atribuído a máquinas, este conceito pode ser alargado a processos manuais onde o operador deteta os problemas e, conseqüentemente, para a produção. Para além da paragem forçada do equipamento ou operador, existe a necessidade de associar um sinal visual ou sonoro que alerte o responsável como, por exemplo, as luzes *Andon* localizadas por cima da estação de trabalho que

evidenciam o estado da estação (Liker & Morgan, 2006; Stevenson, 2005). A produção de zero defeitos pode envolver a utilização de mecanismos “*poka-yoke*” ou “*fool proofing*” que permitem verificar critérios de qualidade e prevenir a ocorrência de erros (Hopp & Spearman, 2004). Wilson (2010) afirma que as técnicas *poka-yoke* são limitadas apenas pela imaginação dos engenheiros e identifica dois tipos: *poka-yokes* que forçam a paragem do processo após a produção de uma peça defeituosa ou que apenas advertem o operador via sinais *Andon*. Este pilar do TPS torna-se importante na medida em que se verifica a paragem do processo quando se atinge o nível de produção desejada, é evitada a produção excessiva (sobreprodução) e é promovida uma filosofia JIT. Outro aspeto relevante é a possibilidade de resolução de problemas na fonte que evita o vazamento do problema para processos posteriores ou mesmo para o cliente final (Liker & Morgan, 2006; Sugimori et al., 1977). Acima de tudo, a estabilidade dos pilares da “Casa do TPS” deve ser reforçada com uma filosofia e cultura empresarial de melhoria contínua (*Kaizen*), reconhecida como “*Toyota Way*” que é considerada uma forma de estar que engloba muito mais que a utilização de ferramentas e técnicas (Liker, 2004; Pinto, 2008). Taichi Ohno salienta que a chave para o “*Toyota Way*” não é a importância de qualquer um dos seus elementos individuais, mas o seu funcionamento como um sistema integrado cujo sucesso resulta da sua prática consistente e diária (Wilson, 2010). Liker (2004) explica esse sucesso do TPS através de um modelo 4P (*Problem Solving*,

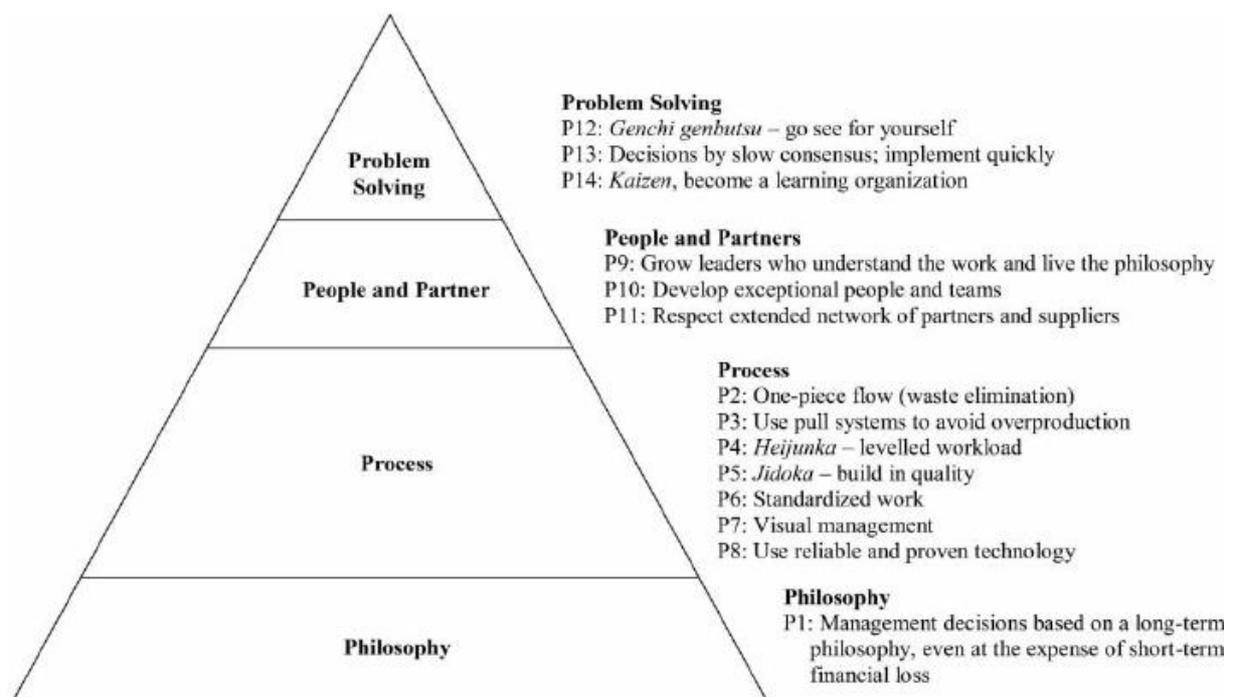


Figura 5 Modelo 4P da “Toyota Way”

People and Partner, Process, Philosophy) e dos 14 princípios que o sustentam, apresentada na pirâmide da Figura 5 (Pinto, 2014; Shang & Pheng, 2014).

2.1.3 Princípios *Lean Thinking*

Lean, para quase todos os autores, resume-se à eliminação contínua de tudo o que envolve dinheiro, tempo e recursos, mas que não acrescenta valor na perspetiva do cliente. Para Liker & Morgan (2006), o cliente e as suas perspetivas devem ser o ponto de partida de qualquer processo. Qualquer empresa deve identificar as características do produto requeridas pelos clientes e tentar superar as suas expectativas com o objetivo de obter lucros e, assim, alcançar os níveis de competitividade atuais (Pereira, 2010). **Criar valor** é, portanto, o primeiro princípio *Lean* sugerido por Womack & Jones (1996). **Definir a cadeia de valor** é a próxima etapa que consiste na definição da sequência de processos a desenvolver que permite entregar os resultados desejados. Para tal, são identificadas as ações que criam valor, as ações que são inevitáveis, mas que não acrescentam valor e as ações que não acrescentam valor e que podem e devem ser evitadas (Pinto, 2008). Após esta identificação, surge a necessidade de otimizar o fluxo eliminando as ações consideradas evitáveis e conferindo fluidez ao processo (Pinto, 2008; Prakash & Kumar, 2011).

O quarto princípio passa pela implementação de um **sistema pull** onde os processos são desencadeados em resposta à procura do consumidor final (Pereira, 2010). De acordo com Womack & Jones (1996), este sistema produtivo “puxado” estimula a capacidade de projetar, agendar e produzir apenas o necessário quando necessário eliminando a previsão de vendas e o empurrar de produtos, por vezes, indesejados.

As primeiras quatro etapas devem ser executadas iterativamente até que se verifique um estado de **perfeição** (Alves & Alves, 2015). De facto, a perfeição é certamente impossível e a procura de um estado ideal deve ser um processo contínuo onde haja um compromisso de todos os membros da organização na busca incessante de melhorias (*Kaizen*) (Pereira, 2010; Womack & Jones, 1996). Segundo Womack & Jones (1996), o mais importante estímulo na busca da perfeição é a transparência dos processos que facilita a descoberta de formas para remover desperdícios, eliminar esforço, tempo, espaço e erros e que, apesar de nunca serem suficientes, permitem melhorar progressivamente. As cinco fases de implementação da filosofia *Lean* acima descritas e sugeridas por Womack & Jones (1996) foram sequenciadas e descritas como um ciclo, como o representado na Figura 6.

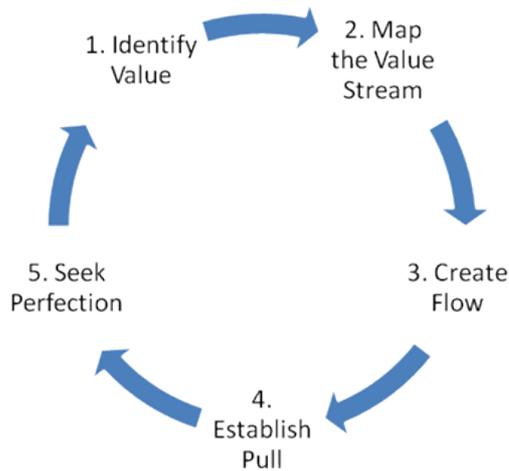


Figura 6 Os cinco princípios do Lean (Brown, 2017)

Embora estes princípios sejam compreendidos e facilmente recordados, nem sempre são alcançados, mas David (2014) reforça a sua importância como guia para toda a organização que tenciona envolver-se numa transformação *Lean*. Pinto (2008) afirma que é indispensável encarar esta transformação como uma mudança de atitude e cultura organizacional e não como um meio para implementar mudanças radicais.

2.1.4 Identificação dos 3M

Todas as organizações que se regem por uma filosofia *Lean*, procuram de uma forma geral, equilibrar a quantidade de recursos (pessoas, materiais, processos e tecnologia) consoante a quantidade exata de produtos/serviços requeridos pelo cliente adotando um sistema *pull*. Quando não se verifica este equilíbrio entre a carga e a capacidade admite-se a existência de perdas para a empresa que, segundo a indústria japonesa, representam situações expressas em termos de *Mura*, *Muri* e *Muda* (Citeve, 2012). Na Figura 7, é feita uma analogia entre a carga/capacidade de um transporte e os 3M's identificados pelo sistema TPS.

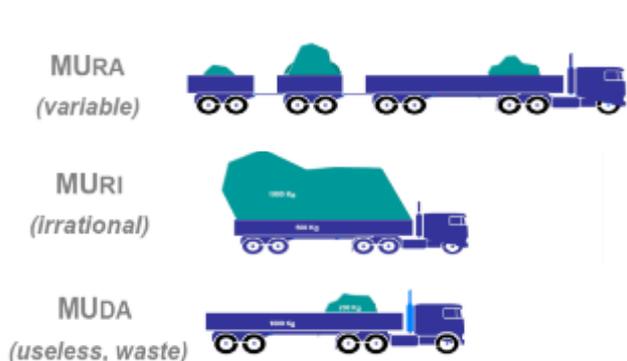


Figura 7 Identificação dos 3M (mura, muri, muda) (Citeve, 2012)

O primeiro refere-se às flutuações de procura que devem ser combatidas com uma produção JIT (sistema *pull*), *muri* manifesta-se pela falta de processos previsíveis, estáveis e controláveis que se reflete em excesso ou insuficiência e *muda* expõe os desperdícios que serão identificados na seção seguinte (Pereira, 2010; Pinto, 2008).

2.1.5 Identificação dos tipos de desperdício

Apesar da diversidade de interpretações, quase todos os autores reconhecem que *Lean Manufacturing* envolve uma variedade de princípios e técnicas que contribuem para um bem comum: eliminar os desperdícios e atividades que não acrescentam valor em todos os processos produtivos para proporcionar uma maior satisfação do cliente (Hines et al., 2004; Monden, 1983; Ruffa, 2015; Womack et al., 1990). A definição de desperdício é, por sua vez, ambígua, mas todos concordam que, do posto de vista do cliente, refere-se a todos os componentes do produto ou serviço que este não estará disposto a pagar (Pinto, 2014).

Os sete tipos de desperdícios (em japonês '*Muda*'), que não acrescentam valor ao produto e que por essa razão devem ser eliminados, são primeiramente classificados por Ohno (1988) como: excesso de produção ou sobreprodução, excesso de stocks (inventário), processos inadequados ou sobreprocessamento, movimentação desnecessária, transportes, tempos de espera e defeitos (qualidade).

Shigeo Shingo, que revolucionou as práticas de produção juntamente com Taiichi Ohno proferiu a célebre frase relativa a estes desperdícios: "*The most dangerous kind of waste is the waste we do not recognize*" (Hrivnak, 2008).

Na Figura 8, encontram-se representados os desperdícios categorizados por Ohno bem como um oitavo desperdício que será abordado de seguida.



Figura 8 Tipos de desperdício (Lowrie, 2015)

Sobreprodução: considerado por muitos autores o pior dos desperdícios, a sobreprodução é causada por produção excessiva e/ou antecipada face às encomendas dos clientes (Steve Bell, 2005; Hirano, 2009). Em muitas empresas é comum a produção “*just in case*”, havendo antecipação da produção na expectativa de venda antecipada ou para prevenir a existência de situações inesperadas como avarias nos equipamentos, defeitos, necessidade de retrabalho, absentismo, entre outras. De acordo com Ortiz (2006), este pensamento leva à sobreprodução e despoleta outros desperdícios verificando-se resultados negativos como a acumulação de WIP, a ocultação de erros de qualidade nesse *stock*, contagens imprecisas da produção e o consumo de demasiados recursos (pessoas, máquinas, espaço no chão de fábrica, energia entre outros). S. Bell (2005) sugere como possíveis causas deste desperdício um planeamento da produção deficiente, tempos de *setup* elevados, lotes de grandes quantidades, dimensionamento inapropriado do *kanban* ou rejeições de qualidade.

Sobreprocessamento: Este desperdício resulta da utilização errada de ferramentas, procedimentos ou sistemas no processamento de determinada tarefa quando uma abordagem mais simples seria mais eficaz (David, 2014).

O sobreprocessamento apesar de ser comum em atividades de lixamento, polimento, retificação e rebarbação, pode-se tornar evidente no processo de proteção de material (embalamento e reembalamento) devendo ser, da mesma forma, evitado (Ortiz, 2006).

Inventário: Taichi Ohno afirmava que se o inventário reduzir surgem problemas tal como acontece num rio quando o nível de água diminui e aparecem rochas e perigos outrora escondidos (Steve Bell, 2005). Se, originalmente, inventário abrangia apenas o *stock* existente no armazém, atualmente é considerado inventário todo o material retido no armazém ou *work-in-process*. Portanto, inventário engloba materiais, peças montadas e qualquer outro material que esteja em locais de retenção exteriores, interiores ou entre áreas de produção (Hirano, 2009). S. Bell (2005), Hines & Rich (1997) identificam problemas considerados desperdícios subjacentes ao excesso de inventário tais como custos de armazenamento, ocupação de espaço, danificações, obsolescência, movimentações desnecessárias, necessidade de contagem física, necessidade de acertos de registos de inventário e, conseqüentemente, aumento do *lead time*.

Defeitos: Devido à sua visibilidade, geralmente os defeitos são facilmente identificados no processo de inspeção considerado por Shingo (1990) uma etapa de caráter preventivo mais do que de detecção. Com vista a sua prevenção, o mesmo autor descreve três estratégias que evitam o aparecimento desses defeitos: um controlo na fonte, onde o controlo é feito no local de origem dos defeitos; uma autoinspeção, cuja detecção e correção é responsabilidade do operador e uma inspeção sucessiva, cujo trabalho realizado é inspecionado pelo operador seguinte (Shingo, 1990). Os defeitos são a maior preocupação de qualquer departamento de qualidade e podem implicar retrabalho se a sua correção é possível, ou eliminação, caso as peças defeituosas sejam irrecuperáveis (Moreira, Alves, & Sousa, 2010). O processo de rejeição de defeitos, segundo Ortiz (2006), deve ser realizado o mais cedo possível no fluxo de produção para impedir a rejeição do produto final que acarreta mais custos.

A existência de defeitos e o desperdício daí resultante poderá ser causado por uma aplicação deficiente da metodologia 5S, um mau fluxo de produção e *layout*, sobreprodução, falta de treino dos operadores, instruções imprecisas e a incapacidade de responsabilizar as pessoas por erros contínuos (Ortiz, 2006).

Transporte: O transporte indica o movimento de materiais, componentes, ferramentas, equipamentos, documentos virtuais ou físicos de um lugar para outro, sendo considerado desperdício tanto nas áreas de produção como na área administrativa (Steven Bell & Orzen, 2011). Para que seja minimizado ou, se possível, eliminado, Kumar & Suresh (2008) sugerem a criação de *layouts* fixos e localizações específicas para materiais que facilitem o manuseamento e reduzam a necessidade de transporte.

Movimentações: Este desperdício é considerado o movimento desnecessário dos operadores no *shopfloor* procurando ferramentas ou materiais para as suas tarefas (Liker, 2004; Wilson, 2010). À primeira vista, é transmitida uma atitude ativa e ocupada do trabalhador havendo uma desvalorização deste desperdício mas, para Wilson (2010), o critério não pode ser a existência de movimento mas o valor que este representa. Wahab, Mukhtar, & Sulaiman (2013) distinguem movimentações desnecessárias relativas a esforço humano e problemas de *layout*. A primeira refere-se às deficientes condições ergonómicas que exigem que o operador

se estique, dobre ou se mova e a última referem-se às movimentações requeridas pelo dimensionamento ineficiente do *layout*.

Tempos de espera: São definidos como longos períodos de tempo de inatividade de pessoas, informação ou materiais, impedindo um fluxo de produção contínuo e contribuindo para o aumento do *lead time* (David, 2014). Segundo Liker (2004), verifica-se este desperdício quando o operador espera pela máquina de processamento automático, pelo término do processo anterior, por ferramentas, por materiais e ainda pode ser resultado de interrupções na produção, paragens de equipamentos ou existência de *bottlenecks*.

Subaproveitamento do potencial humano: Refere-se à falta de envolvimento dos colaboradores na melhoria dos processos não permitindo o uso do seu potencial e poder intelectual criativo na proposta de ideias (Wahab et al., 2013). S. C. Bell & Orzen (2011) salientam a importância de contrariar este paradigma comparando-o mesmo “a uma mina de ouro” escondida nas organizações. A abordagem da gestão Japonesa foi inovadora neste aspeto propondo o envolvimento de todos os colaboradores e, nas últimas décadas, as organizações *Lean* têm vindo a promover e premiar a intervenção e a criatividade dos funcionários considerando o facto de as pessoas fazerem opções e necessitarem de liderança e não de qualquer tipo gestão. Na verdade, e como Pinto (2014) refere, uma cultura de confiança e respeito mútuo pode providenciar grandes resultados ao nível de eficiência e de desempenho financeiro e, conseqüentemente, trazer vantagens à organização.

2.2 Técnicas e Ferramentas *Lean Manufacturing*

O objetivo da filosofia *Lean* é criar valor para o cliente através do consumo mínimo de recursos para desenvolver e fabricar o produto e uma vez identificada a cadeia de valor, devem ser aplicadas técnicas e ferramentas *Lean* para reduzir todo o tipo de desperdício existente (Hodge et al., 2017).

Neste capítulo será feita uma descrição de algumas ferramentas pertinentes para este projeto que se enquadram num pensamento *Lean*.

2.2.1 Ciclo Plan-Do-Check-Act

O ciclo Plan-do-check-act (PDCA) , introduzido por Walter Shewart e popularizado por W. Edwards Deming, é um modelo de resolução de problemas adotado por muitas organizações num contexto de gestão da qualidade (Matsuo & Nakahara, 2013; Stevenson, 2005). Este modelo é mais que uma ferramenta, é um conceito que incentiva a busca permanente de métodos e processos cada vez mais robustos estando no centro da filosofia de melhoria contínua (Sokovic, Pavletic, & Pipan, 2010). O ciclo PDCA, popularmente conhecido por ciclo de Deming, assenta em 4 etapas: planejar (*Plan*), fazer (*Do*), Verificar (*Check*) e agir (*Act*) como demonstrado na Figura 9. A primeira etapa “**Planejar**” envolve uma equipa que se foca na identificação do problema, definição de metas e formulação de ideias que possam resolver o problema. Neste passo podem ser utilizadas ferramentas como o Diagrama de *Ishikawa* e os “*5W2H*” para a identificação da causa raiz e a técnica *Brainstorming* para a descoberta de soluções (Steve Bell, 2005; Stevenson, 2005).

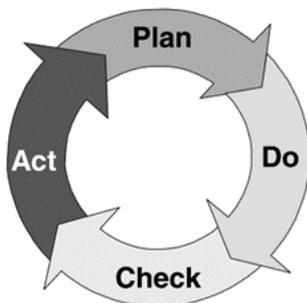


Figura 9 Ciclo de melhoria contínua PDCA (Steve Bell, 2005)

Na fase do “**Fazer**”, muitas vezes confundida com uma fase de implementação real das alterações, são criadas condições controladas e semelhantes à realidade onde são feitos testes hipotéticos (Steve Bell, 2005). Durante a fase de “**Verificação**” são comparados os

resultados com os objetivos definidos. “**Agir**” é a fase posterior onde, se os resultados forem aceitáveis, existe uma documentação e implementação prática do novo procedimento que garante uma contínua utilização (*standard*) até nova melhoria (Steve Bell, 2005; Steven Bell & Orzen, 2011). Uma vez o ciclo terminado, segue-se o seguinte e, assim, sucessivamente.

2.2.2 Técnica 5S

Os problemas não podem ser detetados se o posto de trabalho está desorganizado. A utilização da técnica 5S permite que os problemas se tornem visíveis sendo o primeiro passo para o surgimento de melhorias (Kumar & Suresh, 2008). 5S representa as palavras japonesas *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsku e Shitsuke* que coletivamente representam um processo de redução de tudo o que é desnecessário para que seja possível utilizar o que é necessário, no tempo necessário e na quantidade necessária (Monden, 1983).

Seiri (sentido de organização) é a primeira fase onde todos os materiais, equipamentos e ferramentas desnecessários são reunidos e alocados noutros sítios enquanto que tudo o que é frequentemente utilizado durante o processo é armazenado num local de fácil acesso no posto de trabalho aumentando a eficiência da procura (Y Monden, 1983; Ortiz, 2006).

Na seguinte etapa **Seiton** (sentido de arrumação) torna-se claro o lugar destinado para todos os itens para que qualquer pessoa consiga encontrá-los e arrumá-los no devido lugar após a sua utilização (Hirano, 2009). Neste sentido, o uso de etiquetas de identificação pode ser útil para garantir que existe um lugar para tudo e que tudo está no lugar destinado (Pereira, 2010).

Seiso (sentido de limpeza) é um processo básico e rotineiro de limpeza do local de trabalho, ferramentas e equipamentos que permite identificar situações que requerem o trabalho do operador ou de técnicos de manutenção (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014).

Para garantir a realização das três primeiras etapas, o processo de organização e limpeza do local de trabalho deve ser normalizado e devidamente documentado. O desenvolvimento de regras padronizadas que promovam a execução e manutenção das boas práticas anteriores constitui o principal objetivo da etapa **Seiketsku** (senso da padronização) (Pereira, 2010).

Na última fase de implementação dos 5S's, **Shitsuke** (sentido da autodisciplina), deverá existir uma monitorização do cumprimento das regras, uma revisão frequente e uma atualização dos standards pré-definidos. Periodicamente, será também importante controlar a implementação das ações específicas do método 5S através de listas de verificação ou

auditorias. Deste modo, será possível avaliar o desempenho dos processos industriais e promover uma filosofia de melhoria contínua (Filip & Marascu-Klein, 2015).

A implementação dos 5S's apresenta benefícios visíveis destacando-se a melhoria da produtividade e da qualidade, a promoção de higiene e segurança com a diminuição da ocorrência de acidentes laborais e ambientais e o incentivo à participação ativa do colaborador (AL-Tahat & Jalham, 2015).

2.2.3 5W2H's

A análise 5W2H é uma metodologia simplificada popularizada na disseminação das técnicas de gestão da qualidade que, aliada a outras ferramentas *Lean*, permite a resolução de problemas e tomada de decisões. A ferramenta 5W2H é constituída por sete questões que devem ser respondidas tais como (Nakagawa, 2016):

- *What?* – Descrição do problema que carece de solução ou ação a desenvolver;
- *Why?* – Identificação dos motivos que indique a necessidade de resolver o problema;
- *Who?* – Definição dos responsáveis pela sua resolução;
- *Where?* – Informação do local do(s) procedimento(s);
- *When?* – Cronograma das atividades planeadas;
- *How?* – Explicação dos procedimentos a adotar para atingir os objetivos propostos;
- *How much?* – Cálculo dos custos envolvidos

Respostas claras e objetivas a estas perguntas essenciais permitem tornar qualquer plano de ação, ele próprio, claro e objetivo e aprimora a obtenção das metas delineadas (Nakagawa, 2016).

2.2.4 Standard Work

Como referido anteriormente, um dos elementos essenciais do *Just-in-time* e uma ferramenta básica para uma melhoria contínua é a padronização do trabalho (Sundar et al., 2014; Womack et al., 1990). O *Standard Work* combinado com um controlo visual, "*gemba walks*" (percurso físico pelo *shopfloor* com o intuito de detetar problemas e fontes de desperdício), responsabilidade e disciplina, gera resultados mensuráveis e, portanto, atualmente é constantemente aplicado em sistemas de gestão *Lean* (Steven Bell & Orzen, 2011). No século XX, Frederick Taylor afirmava que existia um "*single best way*" na forma de executar tarefas

mas apenas Frank e Lillian desenvolveram ferramentas e métodos para levar a bom porto o conceito hoje conhecido como *Standard Work* (Dennis, 2007). SW refere-se a uma descrição precisa de cada atividade de trabalho, especificando o tempo necessário para a executar (tempo de ciclo), o *Takt Time*, a sequência de tarefas individuais e a quantidade de recursos indispensável (Sundar et al., 2014; Wilson, 2010; Womack & Jones, 1996). Para algumas pessoas, este conceito sugere rigidez e intransigência mas, o SW não é executar todas as operações repetidamente mas sim, definir os melhores métodos e conferir estabilidade aos processos (Steven Bell & Orzen, 2011). Portanto, esta padronização dos métodos de trabalho reduz a variabilidade de processos (elimina o *Mura*) e estimula a inovação em métodos alternativos com vista à redução da probabilidade de paragens e, assim, manter um fluxo produtivo (Arezes & Dinis-carvalho, 2010; Feng & Ballard, 2008).

Standard Work engloba três elementos fundamentais, identificados por Ohno (1988), mencionados anteriormente e apresentados na Figura 10.

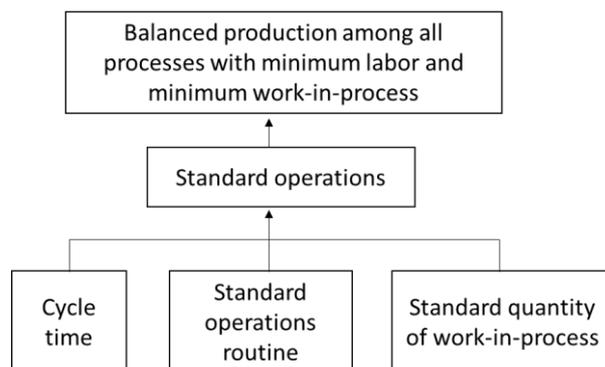


Figura 10 Elementos do Standard Work (Yasuhiro Monden, 2012)

Enquanto o TT é imposto pelo mercado e corresponde ao ritmo de produção para satisfazer a procura, o **Tempo de Ciclo** é resultado do sistema produtivo em causa e representa o tempo necessário para a produção de uma unidade de produto (Dennis, 2007). Na medida do possível, os sistemas de produção *Lean* visam sincronizar estes dois fatores para que a procura seja satisfeita e os interesses da organização sejam alcançados. O TC teórico é determinado pelo tempo disponível de produção e pela quantidade diária necessária não incluindo tempos não produtivos (avarias, defeitos, acidentes, entre outros) (Monden, 2012). Por este motivo, é frequente encontrar desvios entre o tempo de ciclo planeado e o tempo de ciclo atual. Este último é fruto das condições operativas da célula ou linha e considera as relações de

dependência entre os equipamentos e as operações, sendo, portanto, determinado pelo tempo de execução das operações do posto mais lento (Antonio & Antunes, 2001).

Após determinar o tempo de ciclo, deve ser determinada a **sequência de operações** que devem ser executadas pelo operador de modo a cumprir esse tempo. A **quantidade standard de Work-In-Process** é o número mínimo de peças requeridas para completar o processo e permite reduzir o excessivo material entre postos (Dennis, 2007; Monden, 2012).

Em 1983, Monden introduziu ferramentas úteis para implementar, analisar e melhorar o SW entre as quais se destacam o *Standard Work Chart (SWC)*, *Standard Work Combination Table (SWCT)* e *Standard Operation Sheet (SOS)* (Feld, 2001; Sundar et al., 2014).

No documento **Standard Work Chart (SWC)** é possível visualizar o movimento dos operadores e a localização dos materiais em relação às máquinas e ao *layout* geral do processo. Para além da implantação fabril, devem constar todas as operações realizadas e tempos associados e o inventário *WIP standard* como demonstrado na Figura 11 (Kosaka & Kishida, 2012).

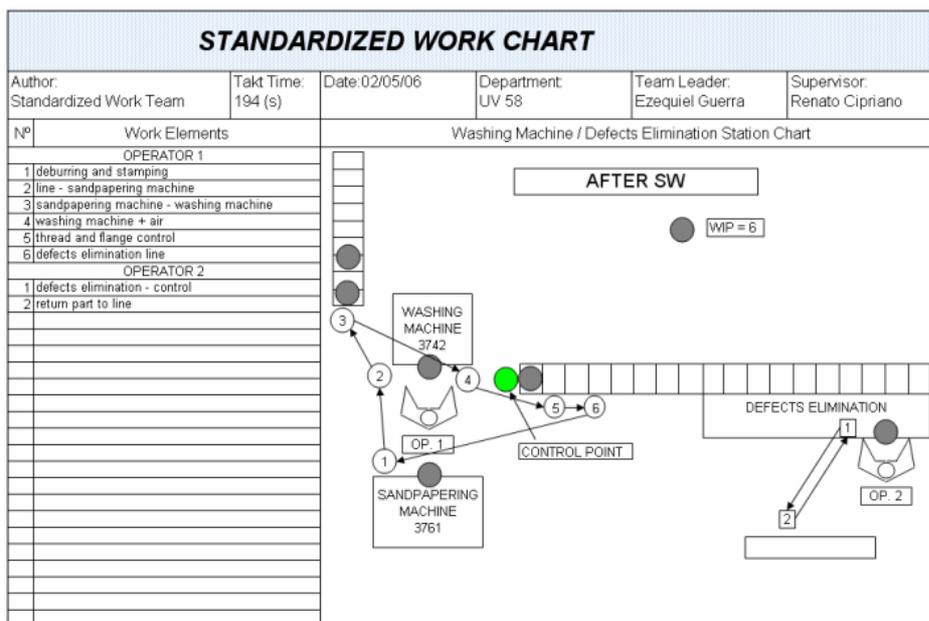


Figura 11 Standard Work Chart (Kosaka & Kishida, 2012)

Standard Work Combination Table (SWCT) representa uma tabela idêntica à ilustrada na Figura 12, onde são sequenciadas as tarefas realizadas por operadores, as operações processadas por máquinas e as deslocações efetuadas ao longo do processo. Esta combinação de tempo de trabalho manual e automático permite averiguar a existência de desperdícios relacionados com esperas, avaliar a distribuição do conteúdo de trabalho e reduzir o

encontra-se vinculada ao TPS e é resumida na seguinte declaração de Monden (2012): “*Progress of a company can be achieved only by continuous efforts on the part of all members of the company to improve their activities.*”

2.2.5 *Single Minute Exchange of Die*

A metodologia *Single Minute Exchange of Die (SMED)* consiste na aplicação de métodos para redução de tempos e atividades de ajuste ou mudança (*setup*) e a maximização dos meios e da flexibilidade do processo.

Esta popularizou-se em 1985 após a Segunda Guerra Mundial, através do consultor de produção Shiego Shingo que afirmava que o objetivo primordial não se focava na diminuição do tempo total de *setup* mas na execução do maior número de *setups* no mesmo intervalo de tempo (Pereira, 2010).

O processo consiste na execução de três passos: a segregação de atividades envolvidas no processo de mudança de ferramenta em externas (realizadas durante o funcionamento da máquina) e internas (efetuadas com a máquina parada); a conversão de atividades internas em externas com vista a minimização do tempo de paragem do equipamento e a simplificação de ambas as atividades (Feld, 2001). Nesta última etapa recorre-se a técnicas de uniformização e melhoria das operações, implementação de ajustes rápidos, aplicação de ferramentas suplementares, implementação de sistemas automáticos e a execução de operações em paralelo (Citeve, 2012).

2.2.6 *Diagrama Ishikawa*

O diagrama de *Ishikawa*, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama Espinha de peixe, foi introduzido pelo fundador do conceito de círculos de qualidade Kaoru Ishikawa em 1943 (Kumar & Suresh, 2008).

O diagrama de causa-efeito é uma ferramenta ou técnica que auxilia a identificação, análise e apresentação de possíveis causas para um problema específico através de uma apresentação gráfica (Peinado & Graemi, 2007).

Numa primeira fase é identificado o problema, evento ou objetivo que requer a intervenção de uma equipa de trabalho para a sua resolução. Após apresentado o problema, podem ser usadas técnicas como o *Brainstorming* para que exista uma geração de ideias sobre as potenciais causas e subcausas do problema em questão (Steven Bell & Orzen, 2011). As

possíveis causas são depois divididas e alocadas em categorias básicas como pessoas, equipamentos, materiais e métodos, entre outras (Stevenson, 2005). Uma vez completa esta etapa, começam a surgir potenciais melhorias, são definidas metas, concentram-se esforços em áreas específicas e verifica-se a resolução do problema (Steve Bell, 2005). A Figura 13, exemplifica o diagrama de *Ishikawa* para um determinado problema.

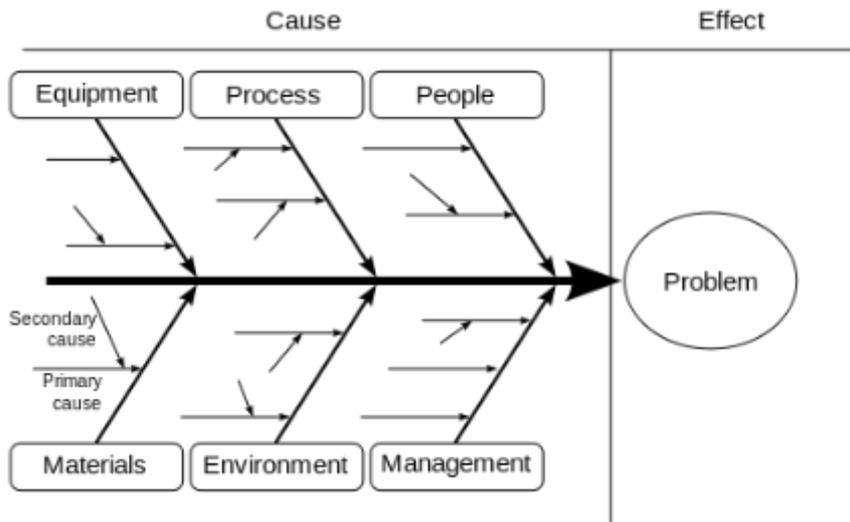


Figura 13 Diagrama de Ishikawa (Chittenden, 2017)

2.2.7 A3 Problem Solving

Num contexto *Lean*, as organizações procuram resolver os problemas que impeçam o atingimento dos objetivos definidos. Para tal, recorrem a ferramentas de resolução de problemas que surgiram com o intuito de facilitar o processo de análise da causa raiz e conduzir a uma ação corretiva (Bassuk & Washington, 2013).

Originalmente desenvolvido num papel de tamanho A3, a maior dimensão possível que pode caber num equipamento fax, o relatório A3 documenta um processo de resolução de problemas baseado no 13º princípio do *Toyota Way* (“*Make Decisions Slowly by Consensus*”) que refere a necessidade de consenso para a obtenção de resultados eficientes. Consoante o seu propósito, existem 3 tipos de A3: (i) *The problem Solving A3 Report*, caso determinado plano, objetivo ou *standard* existe e não está a ser alcançado, (ii) *The Proposal A3 Report*, quando o consenso existe e surgem iniciativas e (iii) *The Status A3 Report*, utilizado para reportar o progresso de determinados projetos de maior dimensão (Bassuk & Washington, 2013; Sobek & Jimmerson, 2016).

Os relatórios A3 baseiam-se no ciclo *Plan-Do-Check-Act* desenvolvido por Walter Shewart, devem basear-se em factos claros e concisos e devem ser utilizados gráficos e figuras o mais possível com o objetivo de clarificar ideias e promover a comunicação na organização.

Tal como Bassuk & Washington (2013) e Sobek & Jimmerson, a *Delphi*, com vista a definição de uma maneira comum, rápida e visual de comunicar o problema, a sua análise, a solução e os resultados expectáveis, promove a utilização de um A3 Standard. Este sugere a existência de 7 tópicos essenciais: uma clara, focada e concisa descrição do problema, importância do problema para a organização e motivo da criação do A3 (*background*), a descrição da condição atual e identificação de oportunidades de melhoria face aos objetivos definidos (*Current State Performance*), uma análise da causa do problema através, por exemplo, das ferramentas *5Whys* ou diagrama de *Ishikawa (Analysis)*, a definição de um plano de ações para atingir o objetivo proposto (*Countermeasures Plan*), monitorização do progresso e efeito das ações (*Monitor Results*) e definição de ações que garantam a viabilidade do A3 e do seu plano de ações (*Verification*). Os tópicos referidos e apresentados no formato apresentado na Figura 14, representam o relatório utilizado pela *Delphi* transversal a toda a organização.

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">Approval</td></tr> <tr><td>Created by: Quem inicia</td></tr> <tr><td>Last Update: 25/jan/17</td></tr> </table>	Approval	Created by: Quem inicia	Last Update: 25/jan/17	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <h3 style="color: red; margin: 0;">Título do Problema</h3> </div>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="5" style="text-align: center;">Original Approval Sign off</td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	Original Approval Sign off																																																							
Approval																																																													
Created by: Quem inicia																																																													
Last Update: 25/jan/17																																																													
Original Approval Sign off																																																													
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>1.0 Background</p> <hr/> <p>2.0 Current State Performance</p> <hr/> <p>3.0 - Analysis</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>4.0 - Countermeasures Plan</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #008080; color: white;"> <th>#</th> <th>Action</th> <th>Who</th> <th>When</th> <th>Impact on goal</th> <th>Status</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>2</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>3</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>4</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>5</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>6</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>7</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>8</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>9</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <hr/> <p>5.0 - Monitor Results</p> <hr/> <p>6.0 Verification</p> </div>	#	Action	Who	When	Impact on goal	Status	1						2						3						4						5						6						7						8						9					
#	Action	Who	When	Impact on goal	Status																																																								
1																																																													
2																																																													
3																																																													
4																																																													
5																																																													
6																																																													
7																																																													
8																																																													
9																																																													

Figura 14 The problem Solving A3 Report (Delphi Automotive Systems,2017)

2.2.8 Controlo Visual

Para Womack & Jones (1996), as ferramentas, materiais, atividades de produção e indicadores de desempenho constituem o estado do sistema de produção que deve ser transparente e compreendido por todos os envolvidos. Conferir transparência a um sistema de produção é

possível aplicando métodos e ferramentas de controlo visual que possibilitam uma rápida resposta à necessidade de intervenção.

Uma segunda perspetiva é apresentada por AL-Tahat & Jalham (2015), que define o controlo visual como uma ferramenta essencial para a monitorização do estado do processo, permitindo verificar se o trabalho está a ser executado como planeado. Uma comparação entre o desempenho atual e o esperado permite que haja um foco no processo, potencia a identificação precoce de problemas e promove a sugestão de melhorias (Ortiz, 2006).

Segundo Pinto (2008), o controlo visual deve mostrar como executar uma determinada tarefa, como utilizar os materiais e ferramentas, mostrar níveis de stock, mostrar o estado do processo, identificar áreas perigosas e apoiar as operações à prova de erro. Estes sinais sonoros ou visuais intuitivos de implementação simples auxiliam na gestão e controlo de processos, na prevenção de erros, na redução de desperdícios de tempo e aumentam a autonomia dos colaboradores.

Para Hirano, (2009), existem diversos métodos para a aplicação de controlo visual que ajudam tanto a identificar desperdícios existentes na empresa como problemas latentes na empresa. Entre eles destacam-se a “*Red Tag Strategy*”, “*Signboard Strategy*”, sistemas *Andon*, sistemas *Kanban*, quadros para gestão da produção, entre outros (Hirano, 2009).

Mann (2014) garante que é necessário utilizar estas ferramentas de gestão visual para conectar as pessoas aos seus processos, mas salienta a importância de reconhecer a razão da sua implementação.

James Baldwin, citado por Wilson (2010), sintetiza afirmando “*Not everything that is faced can be changed, but nothing can be changed until it is faced*”.

2.2.9 Key Performance Indicator

A medição do desempenho é fundamental na adoção de uma gestão *Lean* uma vez que permite identificar lacunas entre o desempenho atual e o desejado em termos de eficácia, eficiência, qualidade da mão-de-obra e do produto e indica quais pontos que necessitam de intervenção (Feld, 2001; Weber & Thomas, 2005). Segundo Stevenson (2005) este mecanismo de *feedback* desempenha um papel importante para a melhoria da qualidade dos bens e serviços fornecidos e pode surgir tanto de fontes internas (testes, avaliação e melhoria contínua de processos e produtos) como externas (cliente final). Peter Ducker sublinha “*It is*

not possible to manage what you cannot control and you cannot control what you cannot measure!” (Shahin & Mahbod, 2007).

Indicadores-chave de desempenho, do inglês *Key Performance Indicators (KPI)*, são, então, ferramentas de gestão que permitem avaliar o desempenho de um sistema e medir se uma ação ou conjunto de ações atingem as metas propostas pela organização. De acordo com Shahin & Mahbod (2007) estabelecer metas garante que a organização efetue o trabalho a que se propõe, quando necessário e pelas pessoas certas, tendo em conta recursos disponíveis.

Existem diversos indicadores que podem ser utilizados, no entanto, eles devem basear-se nos cinco critérios representados na Figura 15 que o tornam adequado e relevante para análise. O conjunto de critérios compõem a sigla SMART, sendo eles *Specific* (específico), *Measurable* (mensurável), *Attainable* (atingível), *Realistic* (realista) e *Time Sensitive* (sensível ao tempo) (Shahin & Mahbod, 2007).

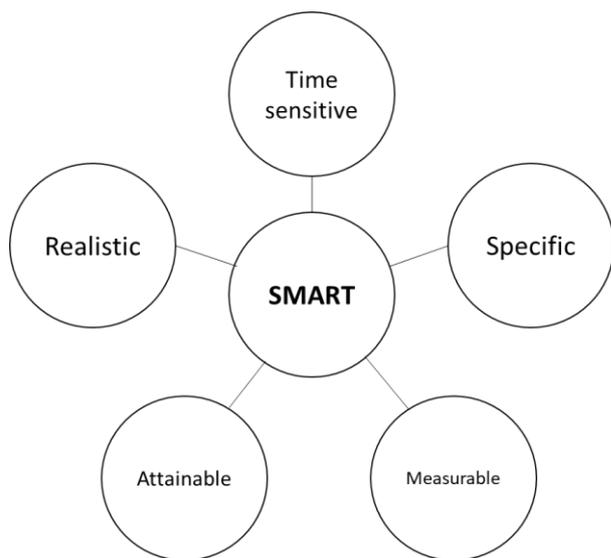


Figura 15 Critérios SMART (Shahin & Mahbod, 2007)

Para a escolha de um KPI, as metas devem ser detalhadas e específicas (***Specific***) e os objetivos não devem ser ambíguos, mas sim mensuráveis para assim ser possível avaliar o sucesso ou o fracasso de determinada ação (***Measurable***). Estabelecer metas, no entanto, deve ser um equilíbrio entre algo alcançável e desafiante na medida em que traduz objetivos realistas no ambiente de trabalho em questão (***Attainable*** e ***Realistic***). Por último, para a monitorização do progresso no alcance das metas estabelecidas, estas devem ser sensíveis ao tempo e ter

data de conclusão (**Time Sensitive**). Assim, a escolha de determinado KPI recai sobre aqueles que possam ser medidos periodicamente e incentivam a definição de objetivos intermediários e estratégias para alcançar os objetivos (Shahin & Mahbod, 2007).

Alguns KPI's mais usuais na indústria englobam taxa de rejeição, objetivo de produção, tempo de ciclo da linha, eficácia geral do processo (*OEE*), custos de operação, disponibilidade de recursos e número de incidentes (Shahin & Mahbod, 2007).

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE é uma das mais relevantes métricas de avaliação do desempenho global do sistema utilizada para calcular a percentagem do tempo de produção planeado que é realmente produtivo (Andersson & Bellgran, 2015). É, portanto, um KPI (*Key Performance Indicator*) que identifica a capacidade de um processo em realizar atividades que acrescentam valor e compreende seis grandes perdas divididas em três importantes categorias: disponibilidade, desempenho e qualidade (Figura 16) (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014; David, 2014).

O cálculo do OEE baseia-se no produto dos indicadores *Availability* (A), *Performance* (P) e *Quality* (Q) cujo resultado é obtido através das equações 1, 2 e 3, respetivamente.

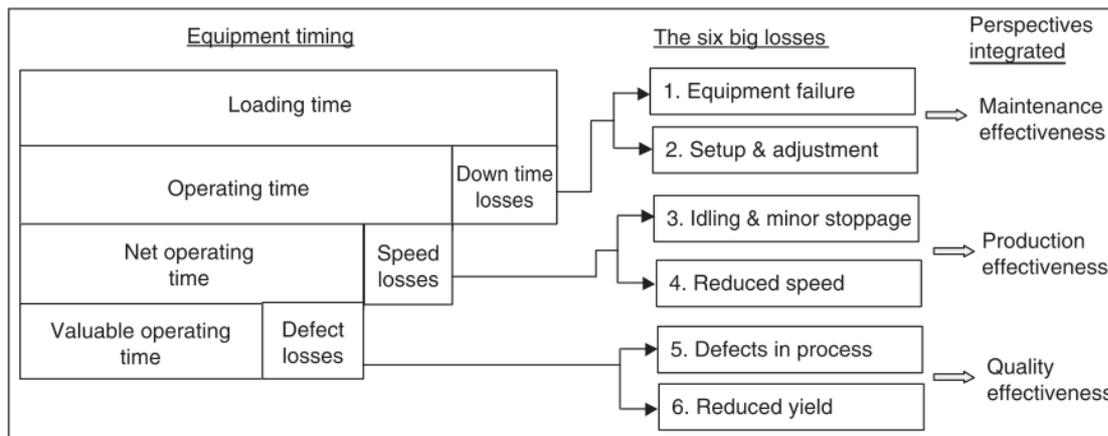


Figura 16 OEE e perspectivas de desempenho (Muchiri & Pintelon, 2008)

$$\text{Availability rate (A)} = \frac{\text{Loading time (h)} - \text{Down time}}{\text{Loading Time}} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

$$\text{Performance efficiency (P)} = \frac{\text{Theoretical cycle time (h)} \times \text{Actual output (units)}}{\text{Operating time}} \quad (\text{Equação 2})$$

$$\text{Quality rate (Q)} = \frac{\text{Total production} - \text{Defect amount}}{\text{Total production (units)}} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

A Disponibilidade (A), calculada através da primeira equação, é resultado da comparação do tempo de máquina disponível para produção e o tempo que efetivamente esteve a produzir. Uma diferença entre estes tempos teóricos surge da existência de avarias, *set-ups*, ajustes de ferramentas, mudanças de serie, perdas no arranque, falta de energia, falhas no abastecimento de material e manutenções (Muchiri & Pintelon, 2008).

No segundo indicador, Desempenho (P) (equação 2), a taxa de produção teórica da máquina é comparada com o número de peças realmente produzidas no seu tempo de operação, sendo contabilizadas paragens e perdas de velocidade (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014).

Por último, o indicador de Qualidade (Q) apresentado na equação 3, refere-se à percentagem de produtos que passam a primeira inspeção de qualidade relativamente à produção total (Wilson, 2010).

A ferramenta de medição *OEE* integra aspetos importantes de produção e, para além de permitir a monitorização do desempenho do sistema, prioriza os problemas e desencadeia potenciais melhorias de processo (Andersson & Bellgran, 2015). Segundo Arunagiri & Gnanavelbabu (2014), distingue duas funções deste indicador de desempenho. Por um lado, torna-se um ponto de referência que pode ser usado para comparar o desempenho de determinado sistema produtivo e indústrias standards ou do mesmo ramo, e até mesmo entre turnos produtivos. Por outro lado, um determinado *tracker* OEE poderá ser a base para acompanhar o progresso ao longo do tempo na eliminação de desperdícios e implementação de melhorias (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014).

First Time Quality (FTQ)

A fabricação de produtos de qualidade é a chave para a eficiência dos processos *Lean*. Na verdade, a falta de qualidade contribui para a necessidade de retrabalho, aumenta os níveis de *scrap* de peças irrecuperáveis e implica a existência de inventário WIP que permita manter o fluxo de produção. Como abordado anteriormente, os princípios *Lean* visam a redução destes problemas e, por esse motivo, as empresas dão ênfase à qualidade dos seus produtos recorrendo à *First-Time Quality (FTQ)* como medida de desempenho dos seus processos (Brown, 2017).

FTQ é definida como partes por milhão (PPM) de produtos que são rejeitados num processo produtivo pela primeira vez. São consideradas peças rejeitadas que reprovam nos testes

submetidos e têm de ser novamente inspecionados ou testados, mas também são incluídas as peças suspeitas que esperam uma decisão ou verificação, peças consideradas *scrap* e peças para retrabalho. Por outro lado, não devem ser consideradas amostras de processo ou protótipos. FTQ também pode ser referida como *First Time Through Quality* (FTTQ).

O valor do FTQ pode ser calculado de diferentes métodos tratando-se do cálculo para um processo único (equação 4) ou para uma linha de produção, módulo, ou fluxo de valor (equação 5) (Worthington, 2001).

$$FTQ_{PPM} \text{ Yield Point} = \frac{N^{\circ} \text{ peças rejeitadas (Scrap + retrabalho + falhas teste falsos)}}{\text{Total n}^{\circ} \text{ de peças produzidas (peças boas + peças rejeitadas)}} \times 1\,000\,000 \quad (\text{Equação 4})$$

$$FTQ_{PPM} \text{ Production Line} = (100\% - (YP_1\% \times YP_2\% \times YP_3\% \times \dots \times YP_n\%)) \times 1\,000\,000 \quad (\text{Equação 5})$$

2.3 Benchmarking

As organizações que se regem por cultura e filosofia *Lean* procuram constantemente melhorias dos seus processos e produtos e aplicam soluções inovadoras para o fazer (Steven Bell & Orzen, 2011). No entanto, essa ideologia de melhoria contínua e inovação por vezes não é suficiente para atingir os objetivos propostos e são necessárias práticas mais radicais, tais como o *Business Process Reengineering* (BRP) ou *Benchmarking*. De acordo com Jones (1994), BRP é uma técnica para mapear, analisar e melhorar processos repensando e redesenhando todos os seus aspetos, como a sua finalidade, tarefas, recursos necessários e tecnologia a utilizar (Stevenson, 2005). Tal como o BRP, Benchmarking é uma das técnicas mais utilizadas na melhoria dos processos. Esta identifica e avalia as melhores práticas dentro da própria organização ou em indústrias com processos similares de modo a avaliar o desempenho, definir metas de melhoria e objetivos de longo prazo (Steven Bell & Orzen, 2011). Como referido, existem dois tipos distintos de benchmarking: **benchmarking interno** quando existe comparação entre unidades dentro da mesma organização e **benchmarking externo** quando inclui a comparação da organização com indústrias do mesmo sector (*competitive benchmarking*), indústrias não concorrentes (*generic benchmarking*) e as melhores empresas do mundo (*world-class benchmarking*) (Stevenson, 2005). Segundo Pulat (1994), o Benchmarking deve ser um processo contínuo que envolva a aplicação de um ciclo PDCA, tal como representado na Figura 17.

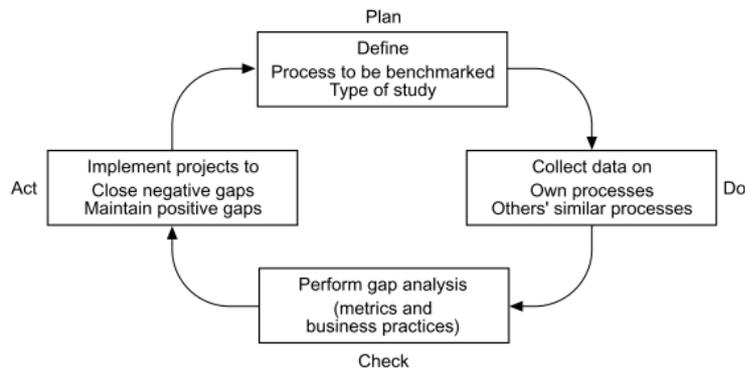


Figura 17 Processo Benchmarking (Pulat, 1994)

Numa primeira fase (*Plan*) existe a seleção do processo a ser avaliado e a escolha do tipo de *benchmarking* a adotar na sua avaliação. Na fase seguinte (*Do*), verifica-se uma recolha de dados relativos ao processo de referência e uma posterior recolha de métricas e documentação do processo parceiro de *benchmarking* (interno ou externo). *Check* refere-se à etapa na qual se efetua uma Análise de Lacunas (*Gap analysis*) que combina técnicas e ferramentas que permitem identificar as lacunas positivas e negativas entre o desempenho do processo em questão e o que se pretende atingir. A última fase será, então, a proposta de projetos que permitam colmatar as lacunas negativas e manter as lacunas positivas (Pulat, 1994).

Para Hutton (1995), a principal razão para a proliferação da atividade de *benchmarking* é o sucesso desses projetos que permite que as empresas melhorem drasticamente a sua posição competitiva ao aprimorar as características e a qualidade do produto, o desenvolvimento de novos produtos, a confiabilidade, a imagem de marca, entre outros.

2.4 Rotatividade entre postos de trabalho

Como abordado na subseção 2.1.1, os estudos de *Taylor e Gilbreth* ganharam especial relevo no século XX na simplificação e normalização do trabalho com vista a um aumento do desempenho do colaborador e da eficiência do processo. Devido à natureza do trabalho simplificado, constituído por movimentos simples e monótonos, verificou-se uma gradual insatisfação dos colaboradores assim como um acréscimo do absentismo e do *turnover* (Hackman & Oldham, 1975).

Assim, existia a necessidade de uma intervenção organizacional onde, para além do ponto de vista de produtividade e da qualidade do trabalho, eram consideradas a autorrealização e satisfação dos colaboradores (Parker, Wall, & Cordery, 2001). Estudos desenvolvidos por Hackman & Oldham (1975), definem cinco características de uma operação potencialmente motivadora entre as quais: a variedade de tarefas que envolva diferentes competências; a identidade da tarefa que explicita qual o resultado a obter, a importância da tarefa na organização; a autonomia dada ao colaborador e o *feedback* da atividade que demonstre a eficácia do seu desempenho.

Azizi, Zolfaghari, & Liang (2010) mencionam a rotatividade entre postos de trabalho como uma das possíveis soluções para uma relação positiva entre os objetivos económicos da organização e os resultados pessoais de satisfação e motivação. Numa perspetiva diferente, a rotação de postos de trabalho é também recomendada na prevenção de lesões músculo-esqueléticas (LME) e redução de custos a elas associadas (Padula, Comper, Sparer, & Dennerlein, 2017).

De acordo com Padula, Comper, Sparer, & Dennerlein (2017), a rotação entre postos de trabalho assume diferentes definições consoante a finalidade para a qual é adotada esta estratégia. Em termos de gestão, é definido como uma transferência de trabalhadores entre estações de trabalho onde são requeridos diferentes níveis de conhecimento e responsabilidade (Azizi et al., 2010; Padula et al., 2017). Em termos de controlo de LME, a rotação pode ser considerada uma estratégia de alternância de tarefas com diferentes níveis de exposição evitando a sobrecarga muscular e redistribuindo o risco entre os trabalhadores (Mathiassen, 2006; Padula et al., 2017).

Atualmente a rotatividade entre postos de trabalho, tem sido adotada nas organizações como prática para aumentar a polivalência dos trabalhadores, diminuir a ocorrência de LME e acidentes, aumentar o bem-estar dos colaboradores, aumentar a produtividade, a qualidade dos produtos desenvolvidos, reduzir o absentismo e ainda diminuir o *turnover* (Jorgensen, Davis, Kotowski, Aedla, & Dunning, 2005). No entanto, segundo os mesmos autores, existem fatores relevantes para a implementação de um sistema de rotatividade, entre os quais se destacam o impacto na produção e qualidade, a proximidade entre postos de trabalho, a similaridade de tarefas, a semelhança de tempos de ciclo, a exposição a fatores de risco, as competências dos trabalhadores e as restrições médicas dos trabalhadores.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo é apresentada a empresa onde foi desenvolvido o projeto de dissertação de mestrado. Nas seguintes secções são abordados os seguintes tópicos: descrição do grupo *Delphi* e da unidade produtiva de Braga, enumeração dos produtos desenvolvidos e respetivos clientes, apresentação da missão, visão e valores da empresa. Por último e dando ênfase a uma das áreas produtivas, procede-se à apresentação da organização fabril da *Delphi Automotive Systems- Portugal SA*.

3.1 Grupo Delphi

Considerado um dos maiores fornecedores da indústria automóvel, o grupo *Delphi*, com sede em Troy, nos EUA, produz avançadas tecnologias elétricas e eletrónicas, permitindo que se façam veículos mais seguros, ecológicos e melhor conectados.

O grupo apresenta centros técnicos, unidades fabris e serviços de suporte, em 33 países tendo uma forte presença na Europa, Médio Oriente e África e emprega mais e 164 mil pessoas. Na Europa, o grupo é representado por 38 fábricas de uma totalidade de 126 no mundo. A *Delphi* é estruturada em cinco divisões de mercado, *Electrical/Electronic Architecture, Electronics and Safety, Powertrain Systems, Product and Service Solutions*.

Como ilustrado na Figura 18, em Portugal o Grupo *Delphi* conta com a colaboração de 2300 pessoas distribuídas por 3 fábricas e um centro técnico, em Braga, Seixal, Castelo Branco e Lumiar, respetivamente.



Figura 18 O grupo Delphi em Portugal

3.2 Delphi Automotive Systems – Portugal SA

O projeto foi desenvolvido na *Delphi Automotive Systems- Portugal SA* no complexo fabril de Braga, cuja imagem de satélite se encontra na Figura 19. Esta fábrica insere-se no mercado *Electronics and Safety*, onde a produção visa o desenvolvimento de autorrádios, *displays* e sistemas de navegação.



Figura 19 Complexo fabril Delphi Braga

Com uma área total de 32.921 metros quadrados, a empresa integra 4 edifícios sendo que 9600 metros quadrados constituem áreas de produção distintas (Edifício 1 e Edifício 2). No edifício 2 são produzidos componentes plásticos que são fornecidos ao edifício 1 que se dedica à produção de componentes eletrónicos.

No complexo laboram cerca de 612 colaboradores e são produzidos 430 produtos diversificados que se reflete num total de 301 milhões de euros de vendas.

3.3 Produtos e Clientes

Como referido anteriormente, a *Delphi* está direcionada para a produção de autorrádios, *displays* e sistemas de navegação. Esta diversidade de produtos de excelência desenvolvidos na *Delphi* é fornecida aos maiores e principais grupos de produção automóvel. Na Figura 20 estão representados exemplos de produtos acabados e os seus clientes de renome.



Figura 20 Produtos e principais clientes Delphi

3.4 Missão, Visão e Valores

A missão da empresa *Delphi Automotive Systems – SA* é ser líder global em sistemas para automóveis e similares, superando sempre as expectativas do cliente. Ser reconhecido pelos clientes como o seu melhor fornecedor, e estabelecer relações com base em entusiasmo, confiança, integridade, responsabilidade e dedicação faz parte da visão da empresa.

A empresa *Delphi* pretende avaliar a competitividade do mercado, identificar os fatores de diferenciação das empresas e avaliar o impacto das ações que promovem o sucesso. Como base para atingir tais objetivos, a *Delphi* rege-se por 7 absolutos de excelência que incluem o foco no cliente; "Saber fazer, fazer bem e à primeira" tendo em vista a eliminação de medidas corretivas; inovação e melhoria contínua; reconhecimento dos direitos, deveres e contributos dos colaboradores e trabalho em equipa tendo por base o respeito mútuo.

3.5 Área Produtiva de componentes plásticos

O edifício 2 da *Delphi Automotive Systems – SA*, construído há 7 anos com vista a uma resposta mais eficaz aos requisitos do cliente, é hoje responsável pelo abastecimento de componentes plásticos ao edifício 1 que se dedica à produção de componentes electrónicos.

Esta área de produção é dividida em 3 secções, consoante o seu produto final: a injeção, a pintura e a montagem final. Para além destas áreas existe ainda, uma serralharia para pequenas reparações, uma área destinada à gestão administrativa e um departamento de qualidade. Existe também uma área WIP abastecida pela área de injeção cujo material é armazenado em supermercados e, posteriormente, distribuído para os processos subsequentes. Na Figura 21, estão delimitadas as áreas descritas.



Figura 21 Seções do edifício 2

3.6 Fluxo de produção

Na Figura 22, encontra-se representado o fluxo de produção actualmente em vigor no edifício 2 da *Delphi*. As matérias-primas, provenientes dos diferentes fornecedores, podem ser processadas na injeção, pintura ou diretamente na montagem final. O processo de injeção fornece o processo de pintura, de montagem e os materiais injectados podem ainda ser consumidos pelo edifício 1. Por sua vez, materiais pintados resultantes da injeção ou comprados seguem para a montagem final ou para o edifício 1. A montagem final apenas fornece componentes ao edifício 1, que são provenientes da pintura, injeção ou diretamente do fornecedor.

O abastecimento de materiais nas seções da área produtiva dos plásticos é realizado por colaboradores do departamento *Operations* ou operadores pertencentes ao departamento *PC&L (Production Control & Logistics)*. Atualmente, existem 2 colaboradores *Operations* por cada turno que têm como função realizar tarefas de abastecimento e transporte de materiais dentro da seção de pintura e montagem final. Os operadores *PC&L* realizam o transporte e abastecimento de matérias-primas (*raw materials*), embalagens vazias e materiais entre seções produtivas distintas e efetuam a alocação de produtos acabados no armazém. A área produtiva de plásticos dispõe de 2 operadores *PC&L*, um em cada turno produtivo, que efetuam tarefas em todas as seções da área produtiva dos plásticos (injeção, pintura e montagem final).

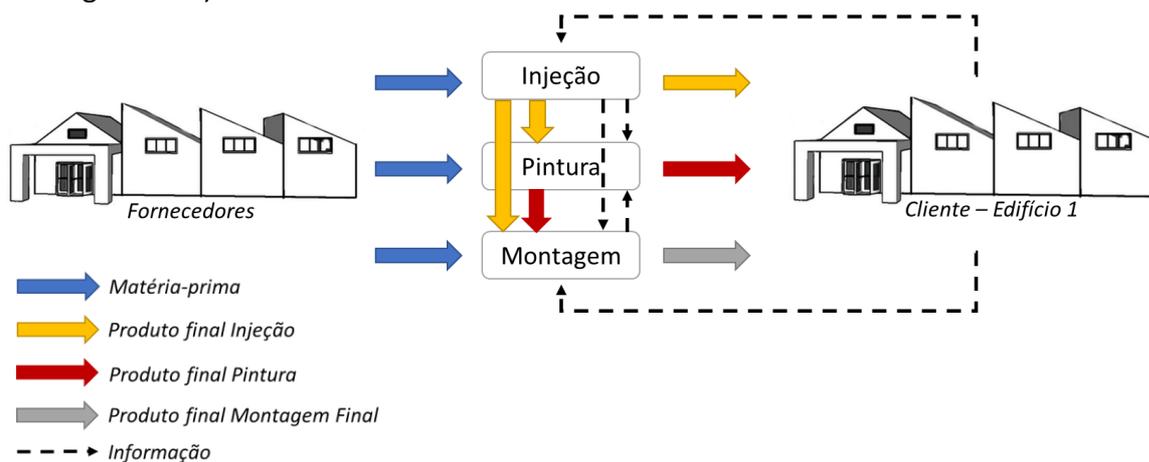


Figura 22 Fluxo de informação e material na área dos plásticos

Quanto ao fluxo de informação, representado igualmente na Figura 22, este é de sentido oposto ao do fluxo de materiais e determina que o planeamento da montagem é resultado do consumo do edifício 1 que, por sua vez, fornece as suas necessidades à pintura. O consumo

do processo pintura, no entanto, não determina a necessidade de produtos injectados sendo esta responsabilidade do edifício 1. Apesar da menor complexidade do fluxo de informação, este permite concluir a existência de dois tipos de produção: puxada e empurrada.

3.7 Secção Injeção

Na área de injeção que opera em três turnos produtivos, a matéria prima (resina), proveniente de fornecedores externos, passa por um processo de transformação numa das 16 máquinas de injeção existentes semelhantes à da Figura 23a. A tonelagem da máquina, que varia entre 50 e 550 toneladas, e o tipo de molde, escolhido entre os 120 disponíveis de peso entre 250kg e 2300kg, ditam o modelo das peças injetadas que serão usadas nos processos a jusante. Esta moldagem por injeção compreende a fabricação de pequenas peças para autorrádios e outras de maior dimensão, por exemplo botões e blendas (painel do autorrádio, em inglês *trimplate*) respetivamente.

Nesta área os colaboradores efetuam tarefas de embalagem, inspeção, alocação e abastecimento enquanto que afinadores têm responsabilidade na execução de changeovers e suporte permanente às máquinas. Ainda nesta seção, existe um local, designado serralharia, onde são efetuadas pequenas reparações e manutenção preventiva dos moldes (Figura 23b).



(a)



(b)

Figura 23 a) Máquina de injeção; b) Local de reparações (Serralharia)

3.8 Secção Pintura

A secção da pintura é responsável pela pintura das peças provenientes da injeção ou de fornecedores sendo depois encaminhadas para a montagem final ou diretamente para o edifício de processamento de componentes eletrónicos.

Esta secção labora em 2 turnos produtivos e é subdividida em 4 áreas: *kitting* (carregamento de peças), pintura, inspeção visual e ainda *pad print*, que serão descritas de seguida.

Na primeira etapa do processo de pintura (*kitting*), existe o carregamento de peças em ferramentas auxiliares de produção (*jigs*) que posteriormente são colocados em redes e depois em carros que seguem para o processo posterior de pintura. A Figura 24a representa um exemplo de *jig* utilizado no processo de carregamento no qual são implementadas medidas que contribuem para a qualidade das peças resultantes da pintura, entre as quais o uso de *poka-yokes*, limpeza com álcool e utilização de ar ionizado.

O processo seguinte é a pintura propriamente dita das peças provenientes do *kitting*. As redes são retiradas dos carros de pintura, colocadas numa das duas máquinas de pintura e o processo de pintura desenrola-se automaticamente (Figura 24b). Após o término do processo as redes são encaminhadas para uma das cinco estufas existentes e procede-se à secagem das peças.



(a)

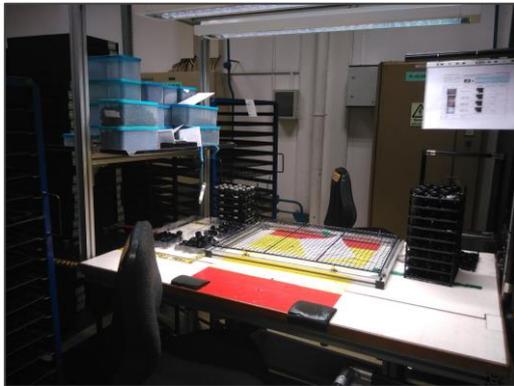


(b)

Figura 24 a) Jig utilizado no carregamento; b) Máquina de pintura

Os carros de pintura seguem, então, para a zona de inspeção visual visível na Figura 25a, onde se verifica a existência de não conformidades nas peças como, por exemplo, inclusões, manchas, riscos, faltas de tinta, entre outros. Intitulada como a inspeção principal, neste processo as peças devem ser inspecionadas a 100% para evitar a ocorrência dos defeitos oriundos da pintura nos processos subsequentes.

Ainda nesta seção de pintura, existe a impressão de símbolos nas peças pintadas através da técnica de impressão de tampografia (*Pad Print*) realizada numa das 3 máquinas existentes atualmente (Figura 25b).



(a)



(b)

Figura 25 a) Área de inspeção visual; b) Máquina de Pad print

Quanto ao fornecimento de materiais para esta seção, existem 3 supermercados diferentes para abastecer o *Kitting* e o *Pad Print*. A Figura 26a e Figura 26b, referem-se a locais com peças injetadas (teclas e *trimplates*) que são o *input* do processo de *kitting* e a Figura 26c apresenta o supermercado de peças provenientes da inspeção visual que serão submetidas à tampografia.



(a)



(b)



(c)

Figura 26 Supermercado de: a) peças pequenas injetadas (caixas); b) peças grandes injetadas; c) peças inspecionadas

3.9 Secção Montagem final

Nesta secção procede-se à embalagem dos produtos que serão fornecidos ao edifício dos componentes eletrónicos podendo variar entre blendas de autorrádios, lentes *HUD* (*head up display*), botões e brackets. Laborando em 2 turnos produtivos de 450 minutos, a montagem final conta com a colaboração de 43 pessoas e encontra-se dividida em cinco subsecções representadas na Figura 27.

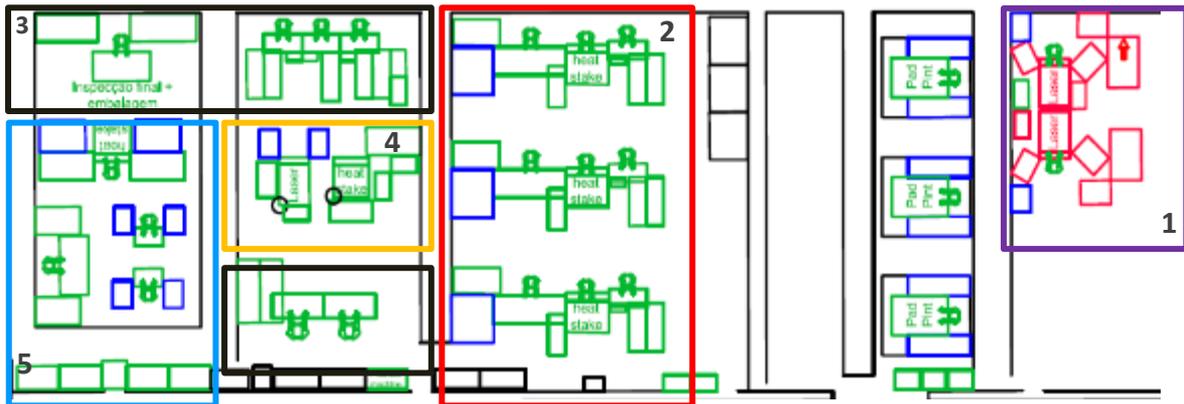


Figura 27 Subsecções montagem final

Os postos da subsecção 1, apesar de contidos no espaço físico da secção de pintura, são considerados como parte integrante da secção da montagem final, sendo impressos símbolos através da remoção de tinta (laser) em duas máquinas (Figura 28a).

A subsecção 2 é constituída por três linhas de montagem onde se efetua a montagem manual de peças, seguida de um processo de cravação a quente nas máquinas *heat stake*, e onde as peças são inspecionadas e, posteriormente, embaladas em lotes. A inspeção tem duas vertentes, visual e tecnológica, e tem como objetivo a deteção de problemas cosméticos ou funcionais. Uma destas linhas de montagem constituídas por três estações de trabalho é apresentada na Figura 28b.



(a)



(b)

Figura 28 a) Máquina de Laser; b) Linha de montagem

Na subsecção 3, à semelhança da anterior, verifica-se a montagem manual das peças em duas linhas e procede-se à sua inspeção final, num posto comum. A cravação e o laser das peças provenientes dessas linhas são efetuados na subsecção 4 constituída por 2 postos *stand-alone* (designação dada internamente a postos com um único colaborador e apresentados na Figura 29a) e uma máquina *Heat Stake* (Figura 29b).



(a)



(b)

Figura 29 a) Postos Stand-Alone; b) Máquina Heat Stake

Na seção de montagem final, os operadores cuja responsabilidade é o abastecimento de materiais recorrem a três supermercados existentes da área de produção.

O supermercado, apresentado na Figura 30a, corresponde a componentes plásticos provenientes da injeção utilizados diretamente na montagem final, como o caso de guias de CD, guias de luz e atuadores para teclas. O material encontra-se em caixas devidamente identificadas com a ordem de produção que indica o número do material, quantidade por caixa e data de injeção. A reposição atempada do material injetado é possível através do controlo da existência física de material que resulta da atualização permanente de um documento efetuada pelos colaboradores da injeção que abastecem o supermercado e pelos operadores que retiram o material do mesmo.

Na Figura 30b, visualiza-se o supermercado que separa a seção de pintura e montagem final onde são colocadas peças pintadas, por exemplo *trimplates* e teclas, provenientes da primeira e consumidas pela segunda.



(a)



(b)

Figura 30 Supermercado de a) peças injetadas e b) peças pintadas

Por último, o supermercado da Figura 31 contém peças compradas a fornecedores externos, por exemplo, peças cromadas, esteiras e feltros. A reposição do material existente neste local é responsabilidade do departamento PC&L.



Figura 31 Supermercado peças de compra

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO INICIAL

Uma vez tratar-se de uma organização que adota princípios *Lean*, a Delphi procura estabilizar e controlar os seus processos para que influenciem positivamente o desempenho do sistema produtivo da organização. Por este motivo, neste capítulo serão descritas e analisadas as principais ineficiências em todas as seções produtivas dos plásticos por forma a identificar oportunidades de melhoria.

4.1 Ineficiências relativas à montagem final

Operational Effectiveness (OE) é um indicador chave de desempenho e uma medida fundamental de estabilidade que reflete a disponibilidade operacional do sistema de produção constituído por recursos humanos, equipamento e material. Melhorar a *Operational Availability (OA)*, medido pela métrica de performance OE, compreende o aumento de produção real para uma produção ideal, a minimização do impacto do tempo não produtivo e o aumento do nível de qualidade do produto. Para implementar um processo contínuo de melhoria do *OA* torna-se fundamental o cumprimento da sequência apresentada na Figura 32.

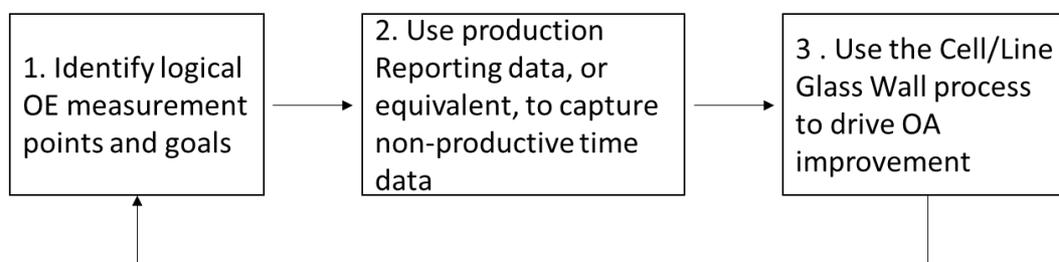


Figura 32 Sequência para melhoria do OA

Numa primeira fase, sugere-se a identificação dos pontos lógicos no processo produtivo (célula, linha, área produtiva, entre outros) que requerem uma monitorização do OE e para cada ponto devem ser estabelecidas metas. A fase seguinte passa pela análise de relatórios de produção ou sistemas equivalentes de recolha de dados para obter um histórico de tempo de inatividade, de perdas de tempo e de qualidade. Reportar os assuntos prioritários relativos a OE na *Cell/Line Glass Wall*, promover a resolução de problemas e impedir a sua recorrência constituem a última fase.

Após a identificação da necessidade de monitorização do OE da área de montagem surgem dúvidas quanto à utilização das pessoas, máquinas e materiais (*availability*), se estas produzem no tempo de ciclo predeterminado (*performance*) ou se o produto final apresenta a qualidade requerida (*quality*). A fim de responder a estas perguntas procedeu-se à recolha de dados do software onde se efetua o registo das paragens das linhas de montagem. A *Delphi* Braga, admite a existência de fatores que condicionam a eficiência da linha e categoriza as principais causas de paragens em: faltas de material, avarias de equipamentos, *changeovers* e outros (relacionado com problemas de qualidade). Este software, cuja janela de exibição se encontra na Figura 33, data o início e término de determinada paragem, apresenta o seu motivo e duração e indica qual a linha afetada por esse evento.

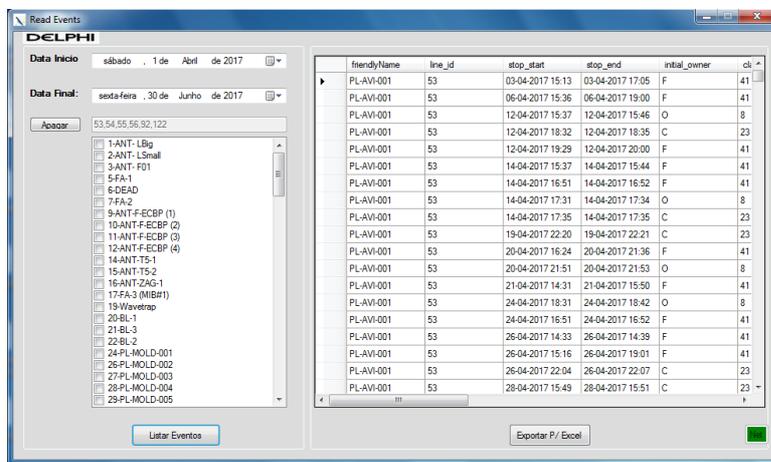


Figura 33 Janela exibição do software de registo de paragens

A recolha dos registos diários relativos a 4 meses (dezembro de 2016 a janeiro de 2017), revelou a existência de tempo não produtivo na proporção evidenciada no gráfico da Figura 34.

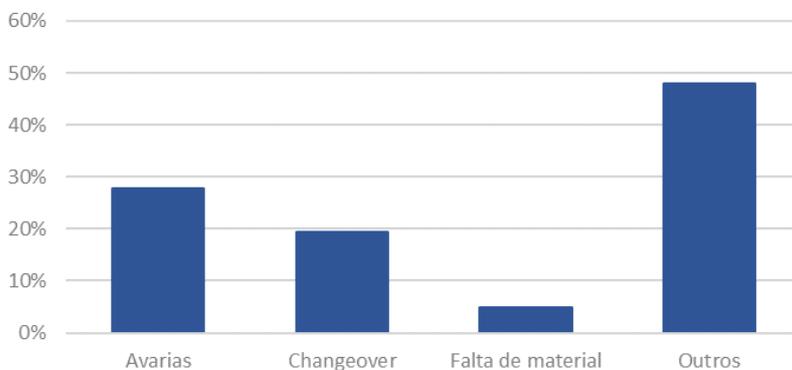


Figura 34 Percentagem de tempo não produtivo por evento

A análise do tempo não produtivo presente na área da montagem final permitiu concluir que aproximadamente 48% das paragens ocorrem devido a problemas de qualidade (representando 97,4% da categoria “Outros”) e cerca de 28% dos eventos surgem de avarias de equipamentos ou ferramentas. As paragens devido a problemas de qualidade surgem de dúvidas existenciais quanto às tolerâncias conferidas ao produto, à verificação das peças antes do processo de montagem, à procura da melhor posição e ângulo que melhore a detecção de defeitos e a partilha de critérios entre colaboradores.

A existência de changeovers é outro dos motivos que afectam a eficiência das linhas, representando 19% do tempo total médio diário de paragens (cerca de 164 minutos). A cada paragem na linha de produção torna-se inevitável a paragem de, em média, 3 colaboradores e a intervenção de pelo menos outro para a resolução do problema.

Considerando 0,0033€ por segundo o valor monetário associado a custos directos (matéria-prima, mão de obra e isumos) e a custos indirectos de produção (entre os quais manutenção, logística, limpeza, energia eléctrica), o custo associado à ineficiência por problemas de qualidade perfaz um total de 1 028,96€ por mês. Já a ocorrência de avarias e de changeovers representam aproximadamente 595€ e 417€ por mês respectivamente. Na totalidade de paragens ocorridas, os custos associados rondam os 2 147€ mensais.

4.2 Ineficiências no processo produtivo de A

Como referido na seção anterior, a análise dos registos de paragem das linhas de montagem permitiu concluir que cerca de 48% do tempo não produtivo se deve a problemas de qualidade. Por forma a interferir positivamente na qualidade dos produtos foi essencial a análise e controlo do FTQ.

O FTQ, monitorizado como indicador de desempenho (KPI) na Delphi, na área de montagem final representa do número de peças rejeitadas versus o número total de peças testadas por milhão (PPM). Sendo a estratégia da empresa atingir as metas (*targets*) estabelecidas existe a necessidade de recolher dados e identificar tendências que se querem contrariar. Para tal, recorre-se a ferramentas como o diagrama de Pareto, à exploração detalhada de informações (*drill-down*) e à agregação de dados por produto ou máquina para mostrar o que se tenciona resolver e qual o impacto no objetivo definido. Devido à existência de recursos limitados em qualquer organização, devem ser definidas prioridades para uma intervenção eficaz.

Assim, com o intuito de perseguir problemas, documentar o progresso e implementar medidas foram recolhidos dados relativos às principais causas que afetam a qualidade dos produtos. Após uma análise dos dados recolhidos pelo departamento de qualidade, foi possível concluir que os principais defeitos ocorridos nas peças produzidas nos últimos 3 meses do ano de 2016, se devem a riscos e danificações que representam 41% dos 15458 defeitos contabilizados como se pode verificar no gráfico circular da Figura 35.

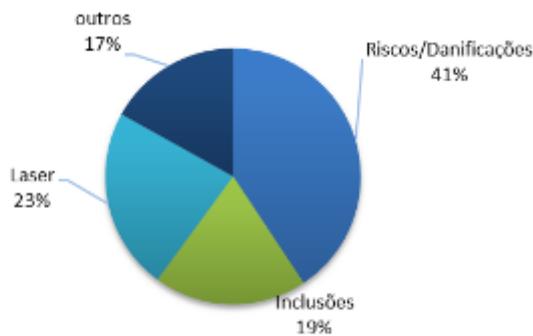


Figura 35 Tipos de defeitos mais recorrentes;

A existência de ineficiências relativa ao processo de laser (23%) traduzem-se essencialmente em descentramentos dos desenhos impressos e a existência de pontos negros resultado da ineficiente remoção da tinta.

As inclusões que surgem durante o processo de pintura equivalem a 19% dos defeitos sendo também, uma das principais causas para problemas de qualidade. A porção relativa a “outros” surgem de problemas espontâneos que resultam, como consequência, por exemplo, de avarias de máquinas.

Sendo, na grande maioria, a rejeição de peças atribuída à existência de riscos e danificações nas blendas o passo seguinte foi a avaliação da incidência desses defeitos por produto de modo a identificar possíveis causas para o seu aparecimento. Posto isto, através da Figura 36, foi perceptível uma maior incidência de riscos e danificações nos produtos A, B e D (designação atribuída para manter a confidencialidade da organização).

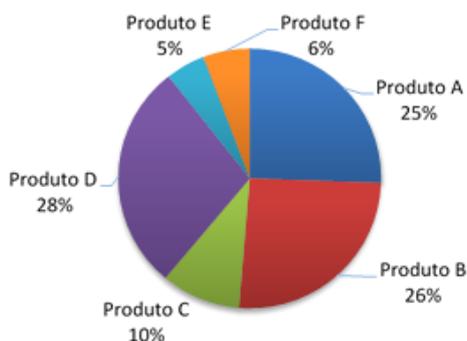


Figura 36 Incidência dos riscos e danificações por produto

No entanto, com vista a identificação de um foco, existiu a necessidade de complementar essa informação com a influência desses riscos e danificações na produção desses mesmos produtos. Assim, e tal como perceptível no gráfico da Figura 37, nos 3 meses finais do ano de 2016 os riscos e danificações incidiam em 8% da produção de A. Deste modo, considerando também tratar-se de um produto mais dispendioso e cujo volume tende a aumentar, deveriam ser concentrados esforços na resolução de problemas de qualidade no Produto A.

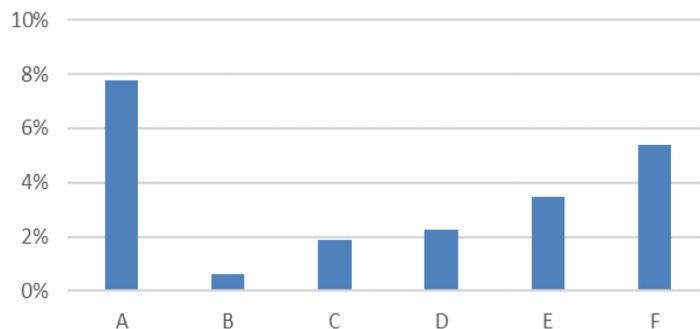


Figura 37 Incidência de riscos e danificações na produção mensal

O FTQ relativo a riscos e danificações no Produto A, cuja média dos últimos 3 meses de 2016 atingia os 77 131 PPM originando 691 blendas por mês rejeitadas devido a esses defeitos, tinha um impacto no OE da seção de montagem final de 1,64%. A Tabela 1 apresenta o estado inicial do FTQ do produto A no mês de outubro a dezembro de 2016.

Tabela 1 Estado inicial do FTQ do produto A e o seu impacto no OE

Estado inicial	
FTQ riscos mês	77 131 PPM
Produção média mensal	8962 peças
Produção ineficiente mensal	691 peças
TC	29 segundos
Tempo ineficiente mensal	20 047 segundos
Tempo disponível mensal	15,4 horas x 22 dias
Impacto OE montagem	1,64%

Para melhorar a atividade de resolução do problema referente a riscos e danificações no produto A, foi adotado um *A3 Problem Solving*, apresentado no Anexo I – *A3 Problem Solving* Produto A.

A primeira etapa consistiu na avaliação da concentração de riscos e danificações nas partes constituintes do produto A: blenda, teclas e lente. A blenda e as teclas resultam do processo

de injeção seguidas de pintura sendo que as últimas ainda sofrem um processo de laser. A lente é igualmente um produto injetado, no qual é colocado uma película contra imperfeições e impurezas e impressos símbolos (*Pad Print*). A análise da concentração de riscos e danificações no produto permitiu verificar uma maior concentração de riscos/danificações nas teclas e blendas, como é perceptível no gráfico da Figura 38 no qual a categoria “outros” se refere a danificações na película, *Pad Print* da lente ou danificações nos 18 pontos de cravação.

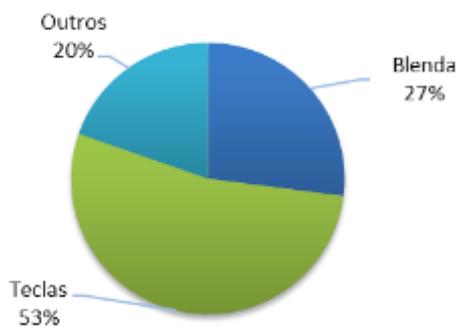


Figura 38 Concentração dos defeitos Produto A

A seguinte etapa e com o intuito de identificar e avaliar as possíveis causas e subcausas para tal incidência construí-se um diagrama de *Ishikawa* com base no seu percurso produtivo, ilustrado na Figura 39.

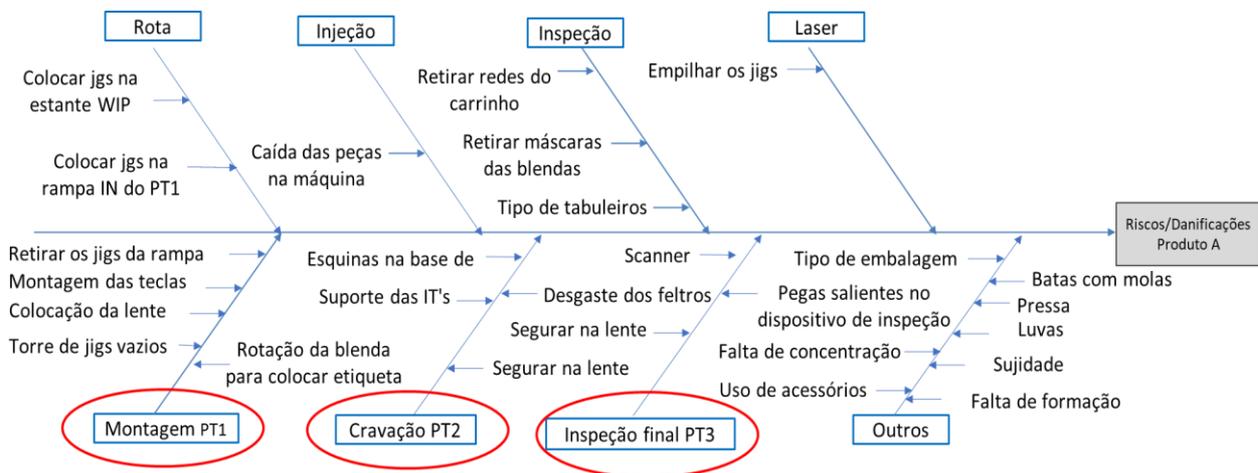


Figura 39 Diagrama de Ishikawa Produto A

A análise dos processos, ferramentas e tarefas requeridos para a produção do Produto A, demonstrou uma centralização das possíveis causas no processo final de montagem.

A linha produtiva dedicada à montagem do produto A, pertence à subseção 2 referida anteriormente e é constituída por 3 postos de trabalho seguindo o esquema representado na Figura 40.

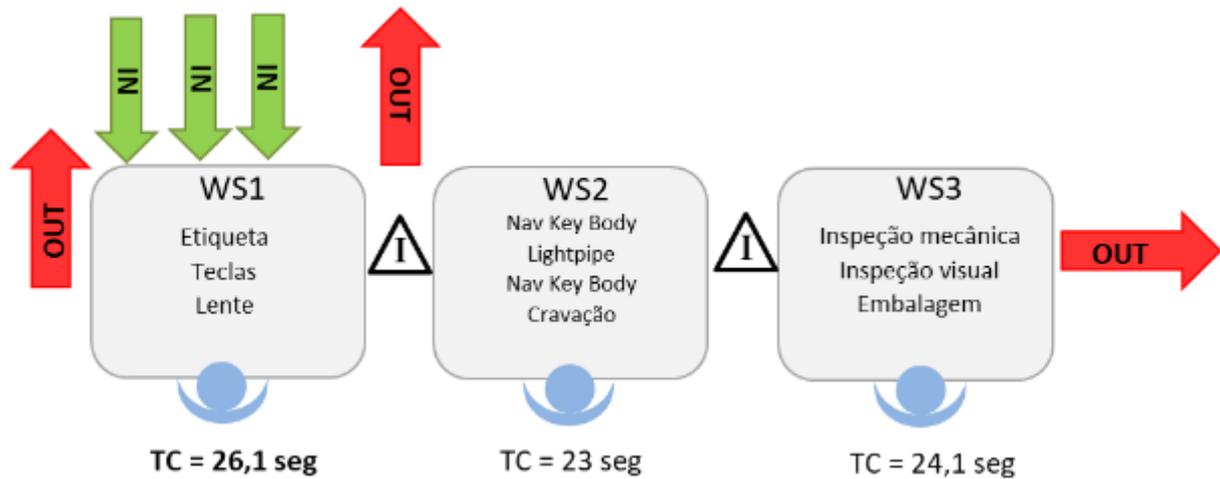


Figura 40 Esquemática do estado inicial linha de montagem final de A

No primeiro posto, efetua-se a colocação da etiqueta na blenda, a montagem das 12 teclas existentes no produto A e a colocação da lente. As blendas provêm da pintura em tabuleiros com 3 cavidades e são colocados pelos operadores da rota (*operations*) numa rampa "IN" na parte traseira do posto. Também nesse local, existem 3 rampas em altura que igualmente constituem pontos para abastecimento de material, entre os quais *jigs* com teclas que advêm da pintura e do processo de laser e caixas com etiquetas.

Após esta etapa, no segundo posto, procede-se à colocação de um botão de navegação (*Joystick*) previamente cravado e é efetuada a cravação dos pontos restantes da blenda.

No último posto, existe uma inspeção visual e tecnológica, bem como a embalagem em lotes de 24 unidades, numa produção média diária de 407 blendas. Os lotes de produto acabado são posteriormente alocados pelo colaborador da rota numa palete com 32 lotes e alocados no armazém pelo colaborador PC&L.

Na análise e estudo das causas, foram detectados problemas na linha de montagem que potenciavam o aparecimento de defeitos na produção os quais se encontram identificados na Figura 41.

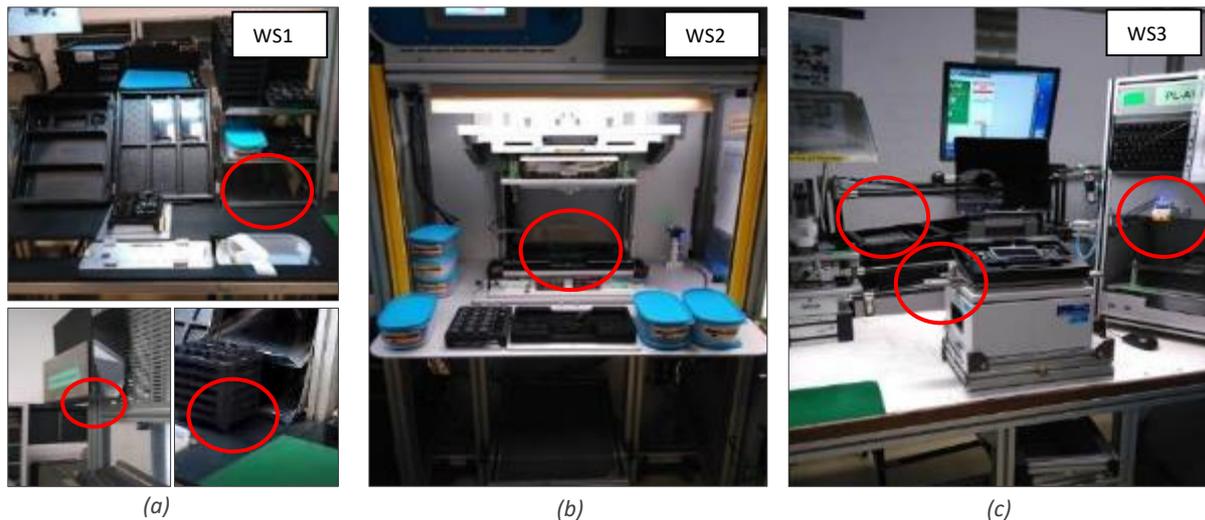


Figura 41 Principais causas de riscos/danificações na WS1 (a), na WS2 (b) e na WS3 (c)

Para além dos pontos críticos identificados, através da observação direta da sequência de operações no processo de montagem no primeiro posto, foram perceptíveis lacunas no SW na montagem das teclas cuja sobreposição poderia igualmente contribuir para a existência de danificações.

Durante o período de análise, destacou-se também um problema de balanceamento da linha de montagem em questão que ditava a existência de um ponto de estrangulamento (*bottleneck*) no primeiro posto limitando o desempenho de todo o sistema. Para comprovar a ausência de qualquer folga no primeiro posto e existência de uma significativa no segundo posto e, portanto, a necessidade de uma redistribuição do conteúdo de trabalho da linha de montagem recorreu-se à utilização de uma SWCT, representada no Anexo II – SWCT - Produto A.

Outra das causas referidas no diagrama de *Ishikawa* e identificada como potencial motivo para danificações nas teclas é o armazenamento das mesmas na estante WIP existente entre o processo de laser e montagem. De facto, através da inspeção visual de *jigs* comprovou-se a existência de danificações anteriores ao processo de montagem. Como visível na Figura 42, a estante WIP possuía estruturas metálicas que danificavam teclas e, na ausência de uma altura máxima definida, eram colocadas torres com uma quantidade de *jigs* superior à recomendada. Para além disso, constatou-se a ausência de identificação de material que potenciava a colocação e recolocação do mesmo aumentando a probabilidade de danificação.



Figura 42 Armazenamento de WIP de jigs

Apesar das danificações surgirem maioritariamente do transporte e do processo de montagem, a análise do processo produtivo das mesmas revelou que a injeção das peças contribuía para os mesmos defeitos. Na verdade, constatou-se que 1% das teclas injetadas numa das 2 máquinas de injeção continham danificações. As 4 peças injetadas de um único molde eram separadas e direcionadas para caixas existentes a um nível inferior cuja queda estimulava a velocidade e força no embate danificando as teclas. Aquando a identificação desta ineficiência e seguindo uma filosofia *look across*, foi perceptível a existência de ineficiências na outra das máquinas de injeção afetas a este produto que comprometiam de igual forma a eficiência da secção da injeção e que será abordada na secção seguinte.

4.3 Ineficiências na injeção de teclas do produto A

Como abordado anteriormente, a injeção de peças nas 2 máquinas afectas ao produto A era responsável pela existência de danificações nas teclas que constituíam a blenda.

Com 12 referências distintas de 500 unidades diárias cujo volume total é 6000 teclas por dia, constatou-se, através de relatórios de qualidade, uma quantidade de danificações equivalente a 1% na máquina 3. Com um tempo de ciclo de 8 segundos por peça concluiu-se que 60 peças das injectadas nas 13 horas diárias apresentavam danificações. Considerando as 16 máquinas existentes na secção, esta ineficiência tinha um impacto de 0,03% no OE da mesma, dados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 Estado Inicial máquina de injeção 3

Estado inicial Máquina 3	
PN distintos	12
Produção média diária/PN	500 teclas
Produção média diária	6000 teclas
TC	8 segundos
Tempo diário injeção	13,33 horas
Danificações	1%
Produção danificada	60 peças
Tempo diário produção ineficiente	480 segundos
Impacto OE Injeção	0,03%

Por outro lado, a injeção efectuada na máquina de injeção número 2 apresentava igualmente ineficiências que se encontram sintetizadas na Tabela 3.

Tabela 3 Estado inicial máquina de injeção 2

Estado inicial Máquina 2	
Produção média diária/PN	500 teclas
Produção média diária	6000 teclas
TC	28,5 segundos
Intervalo entre interrupções	80 minutos
Produção entre interrupções	168 peças
Tempo de paragem	5 minutos
Número de interrupções	9
Tempo total de paragem/dia	45 minutos
Impacto OE Injeção	0,39%

Na máquina 2, braço robótico retirava as peças injectadas do molde que eram colocadas nas 4 caixas distintas presentes no tapete rolante de modo a fornecer o *kitting*, como ilustrado na Figura 43a. Para facilitar o processo posterior e ser possível a contabilização e controlo do stock, as peças são armazenadas em caixas de 300 unidades cada.

No entanto, e como se verifica na Figura 43b, o tapete encontra-se numa área restrita cujo acesso implica a paragem da máquina e abertura de portas, tarefa que envolve cerca de 5 minutos. Uma vez que o robot coloca sempre as peças no mesmo local, as mesmas eram acumuladas no mesmo sítio da caixa, e era necessária uma operação a cada aproximadamente 80 minutos para espalhar as teclas, remover e substituir as caixas. Considerando o volume diário de teclas, uma paragem após a produção de 170 peças e tendo em conta a existência de 3 moldes, conclui-se que eram efectuadas 9 paragens sendo dispendidos 45 minutos por dia. Esta ineficiência na totalidade das 16 máquinas da seção resultava num impacto de 0,39% no OE da mesma.



(a)



(b)

Figura 43 a) Disposição inicial das peças no tapete; b) Acesso restrito máquina injeção 2

4.4 Ineficiências no processo produtivo de B

Um determinado rádio, nomeado Produto B por questões de confidencialidade, resulta de um processo de montagem esquematizado na Figura 44, que é posterior a um processo de injeção e tampografia.

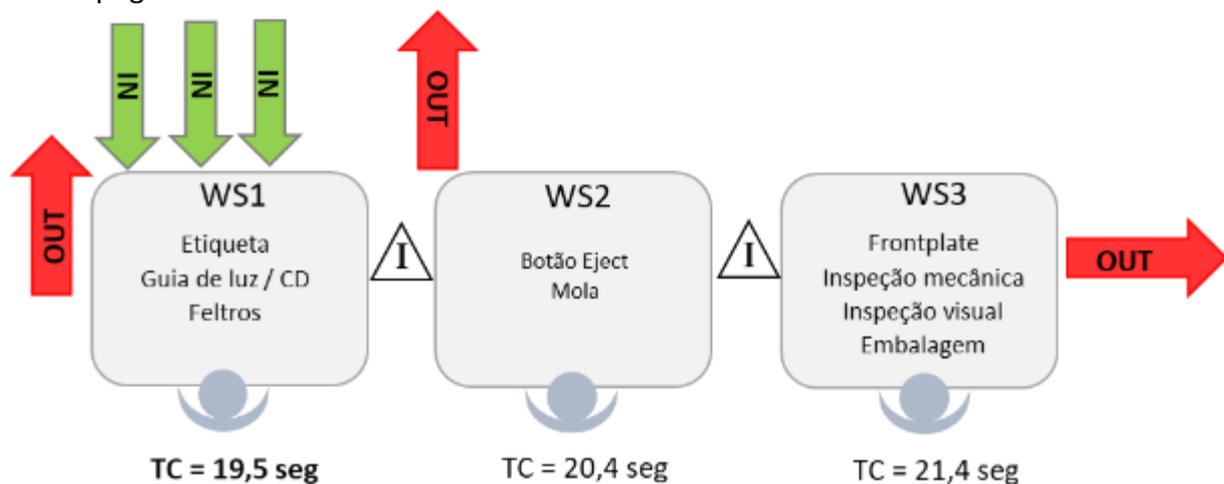


Figura 44 Esquematização da linha de montagem final de B

No primeiro posto da linha de montagem, é colocada a etiqueta e os componentes internos ao rádio (como guias de luz, de CD e feltros) que sofrem imediatamente um processo de cravação para garantir a sua fixação no *trimplate*. Posteriormente, e com o objetivo de proteção, é colocado um material de compra metálico designado *frontplate* (visível na Figura 45a), operação efetuada pelo colaborador do terceiro posto com o auxílio da prensa apresentada na Figura 45b. Por último e de forma semelhante aos restantes produtos, é feita uma inspeção visual e mecânica e efetuado o embalamento em lotes de 24 unidades no posto visível na Figura 45c.

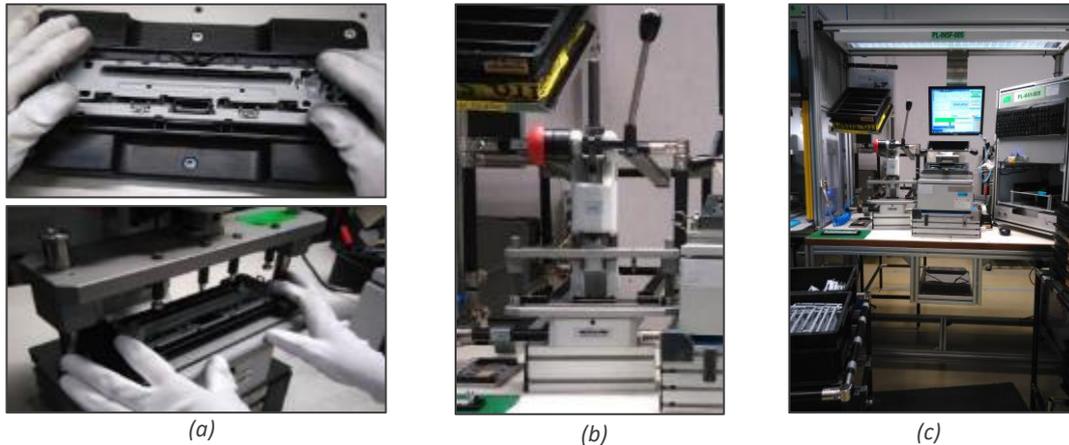


Figura 45 a) Colocação do produto B na prensa; b) Prensa manual; c) Posto de inspeção final linha de montagem final de B

Sendo preponderante o encaixe perfeito da *frontplate* para os processos posteriores que envolvem componentes eletrónicos, a utilização da prensa torna-se essencial. No entanto, e por se tratar de uma prensa ativa manualmente por uma alavanca, a eficiência da linha e consequente produção de B são afetadas pelo cansaço acumulado dos colaboradores. Numa produção média por linha e turno de 1300 blendas, a utilização da prensa manual implica movimentos repetitivos e sobrecarga muscular. No domínio dos fatores de risco ergonómico, conclui-se que, o esforço físico desempenhado pelo colaborador poderia apresentar elevada correlação com distúrbios físicos como problemas músculo-esqueléticos.

Para além dos fatores ergonómicos associados, o tempo de prensagem variava entre colaboradores e entre os diferentes períodos do dia de trabalho o que se traduzia numa falta de estabilidade e controlo dos processos produtivos.

A montagem do produto B apresentava igualmente ineficiências na medida em que, a cada 81 peças, era necessário o operador movimentar-se 50 segundos para reabastecer o carrinho de apoio junto ao segundo posto com uma caixa de *frontplates*. Tendo em conta o volume de 1300 blendas por linha, era repetida a mesma operação de reabastecimento 17 vezes com um impacto de 3,07% no OE da seção de montagem como sintetizado na Tabela 4.

Tabela 4 Estado inicial processo produtivo de B

Estado inicial	
Tempo de transporte	25 segundos
Produção média linha	1300 blendas
Quantidade por caixa	81 peças
Número transportes/linha	17
Tempo total linha	1625 segundos
Impacto OE diário Montagem	3,07%

As caixas com as chapas metálicas dissipadoras encontravam-se armazenadas na parte traseira da linha de montagem e eram repostas pelo colaborador de PC&L.

4.5 Existência de actividades sem valor acrescentado

Na seção 4.1, onde são analisados os motivos aparentemente responsáveis pela falta de eficiência na montagem final é concluído que 19% do tempo registado como não produtivo resulta de tempo dedicado a *changeovers*. Sendo este efectuado maioritariamente por colaboradores *Operations* e PC&L, foram identificadas as actividades dos mesmos que impeçam um *changeover* rápido de modo a evitar entropias nas linhas de montagem e atrasos na entrega ao cliente.

Por definição, os colaboradores PC&L têm como função o abastecimento de embalagens vazias, o fornecimento de *raw materials*, o transporte de materiais entre seções produtivas (por exemplo, o transporte de *jigs* entre a seção de montagem final e a pintura) e a alocação de produto acabado. No entanto, e devido a factores como volume de produção, variação do tempo de ciclo e existência de *changeovers* forçados (resultado de avarias, por exemplo), as tarefas afectas ao colaborador PC&L são efectuadas pelo colaborador de *Operations*. A título de exemplo, o abastecimento de tabuleiros, caixas e blisters vazios que compete ao colaborador de PC&L muitas vezes é efectuado pelo colaborador responsável pela rota de pintura pertencente ao departamento *Operations*. De igual modo, as restantes tarefas que, segundo a organização são responsabilidade de PC&L, podem ser realizadas pelos colaboradores *Operations* excepto a última. A formação para alocação de produto acabado é dada unica e exclusivamente ao colaborador PC&L sendo, portanto, motivo de análise.

Para tal, foram directamente observadas as actividades de alocação de produto acabado de forma a perceber o impacto que as ineficiências tinham no tempo de *changeover*.

A alocação de produto acabado bem como a transferência de material entre seções utiliza ordens de produção colocadas a cada lote que destina o produto a um *buffer* dos que se encontram delineados a cor verde na Figura 46.



Figura 46 Percurso teórico de qualquer produto injetado

Nas ordens de produção estão as especificações do item que será produzido, matérias-primas que serão utilizadas, a data de entrega e as quantidades requeridas. Deste modo, é possível organizar o processo produtivo, controlando os stocks e facilitando a sua reposição, fazer o planeamento da produção e apurar as necessidades e custos envolvidos na mesma. Uma OP é posteriormente encerrada quando o sistema deteta uma movimentação do qual resulta uma nova solicitação de produção.

Na análise efetuada, verificou-se que o colaborador despendia cerca de 8 minutos por cada palete alocada de *brackets*, no qual 70% do tempo era destinado à leitura de ordens de produção de injeção e montagem final do produto resultante da cravação de um componente injetado e um material de compra (chapa metálica dissipadora). Regra geral, qualquer produto injetado e assembled percorre o percurso ilustrado a vermelho na Figura 46, onde após o primeiro processo é colocado temporariamente no WIP da injeção, segue para a montagem e é alocado no local reservado a produto acabado.

Após a produção de *brackets*, o colaborador utiliza um *scanner* na leitura da OP de injeção para indicar a transferência física do material injetado do depósito da injeção para a montagem final e, de seguida, efetua o mesmo processo lendo as OPs relativas ao movimento do produto acabado da montagem final para o cliente. O processo descrito encontra-se esquematizado na Figura 47, onde a cor laranja refere-se à execução de leituras e a cor azul ao processo de montagem/cravação propriamente dito. Para além das 2 leituras referidas era ainda realizada uma terceira leitura por parte de um colaborador da seção de injeção, cujo objetivo era dar indicação da produção do material injetado e da sua transferência para o depósito da seção.

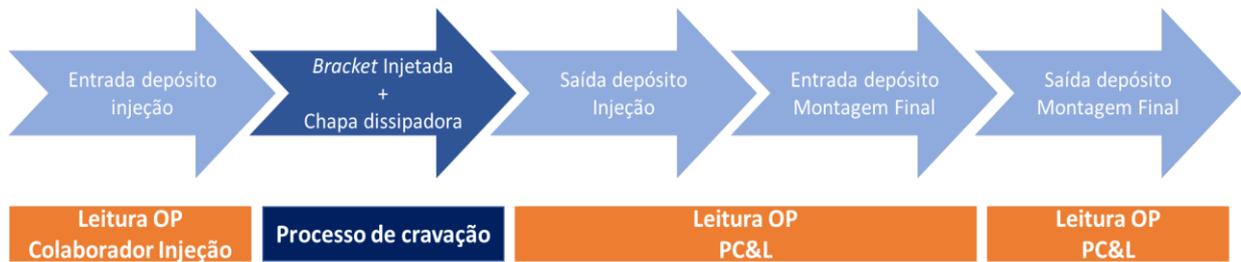


Figura 47 Esquematisação do processo produtivo de brackets e leituras iniciais

Apesar das vantagens descritas de rastreamento físico do produto, as *brackets* apenas transitam de forma fictícia entre depósitos. Isto porque, os semelhantes tempos de ciclo entre a máquina de injeção e de cravação permitiu a acoplagem dos dois equipamentos e a realização da montagem e cravação imediatamente após a injeção do material. A junção das 2 máquinas envolvidas no processamento das *brackets* encontra-se visível na Figura 48.

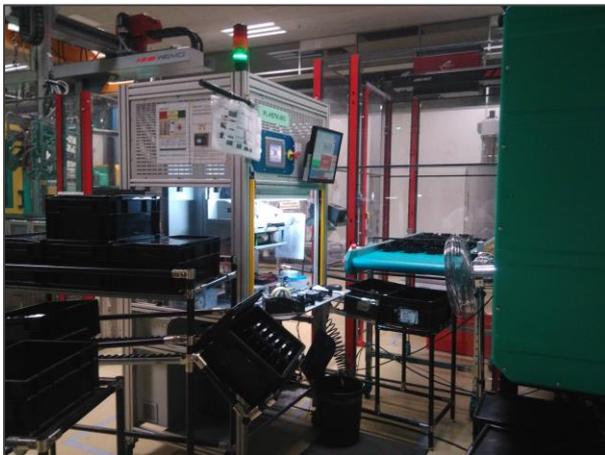


Figura 48 Acoplagem da máquina de injeção e cravação

Apresentando um volume diário de 3860 unidades, as *brackets* são embaladas em caixas de 12 unidades e alocadas em 6 paletes com 64 caixas cada.

Observando a Tabela 5, na qual são expressos os tempos de realização das tarefas descritas, por cada palete o tempo necessário à leitura era 160 segundos e à alocação do produto acabado 140 segundos. Portanto, os colaboradores da injeção e PC&L despendiam cerca de 588 segundos e 608 segundos por palete, respectivamente. No final do dia, com a realização das atividades referidas, o colaborador PC&L dedicava 0,98 horas na alocação das paletes referentes a este produto e o operador de injeção cerca de 1,01 horas na leitura e colocação da OP.

Tabela 5 Tempos de realização de tarefas realizadas pelo colaborador de injeção e PC&L antes da alteração

Tarefas	ESTADO INICIAL	
	Injeção	PC&L
Colocar Etiqueta/Caixa	7 segundos	-
Retirar Etiqueta/Caixa	-	5 segundos
Leituras	1	2
Tempo leitura/paleta	160 segundos	
Tempo alocação/paleta	-	140 segundos
Tempo total/dia	3648 segundos	3528 segundos
Tempo total/dia	1,99 horas	

Uma vez que as OPs colocadas pelo segundo eram retiradas pelo primeiro e eram executadas leituras imediatamente antes e depois do processo de cravação, constatou-se efetivamente a existência de atividades sem valor acrescentado.

4.6 Ineficiências associadas ao abastecimento de materiais ao supermercado pintura

Um dos potenciais problemas associados à ineficiência das linhas de montagem prende-se com a falta de material como constatado na seção 4.1, representando 5% do tempo de inatividade da seção. A falta de material pode resultar da sobrecarga do colaborador PC&L, que pode ser colmata pela redefinição de rotas, ou por falhas no abastecimento dos supermercados que fornecem as linhas de montagem. Como referido na secção 3.9, a matéria prima necessária à secção de montagem final pode ser fornecida pela secção de injeção, pintura e por fornecedores externos.

Por forma a avaliar o processo de abastecimento de materiais foram analisadas as medidas de desempenho da seção fornecedora com o intuito de compreender as causas relacionadas com falha de materiais para a seção cliente.

Deste modo, no âmbito de *workshop*, a secção de pintura foi alvo de análise na qual se verificaram lacunas na eficiência do processo de *Pad Print*, monitorizada através do KPI OE.

Por forma a facilitar a interpretação dos problemas, das propostas de melhoria e dos resultados expectáveis, as ferramentas e equipamentos afetos a este processo de tampografia encontram-se nomeados na Figura 49a e Figura 49b. De forma genérica, no cliché encontram-se desenhados os símbolos definidos para cada *PN*, é vertida tinta presente no copo e o tampão é responsável pela impressão dos mesmos na peça. Após cada tamponada, é retirada a tinta excedente deste último através do uso do rolo de limpeza.

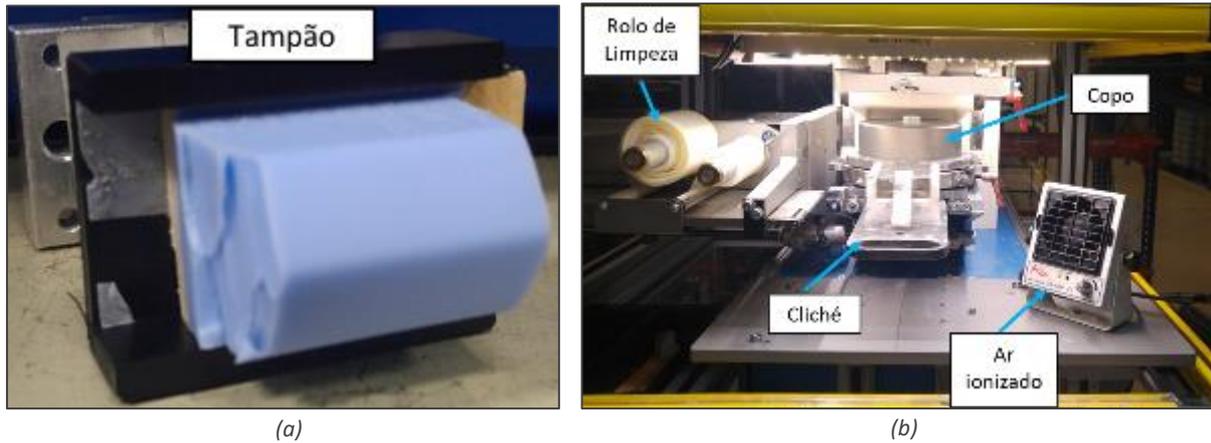


Figura 49 a) Ferramenta utilizada na tampografia; b) Ferramentas e máquina de tampografia (tampão)

Numa primeira fase identificaram-se as causas para as insuficiências do processo que possam comprometer o fornecimento do cliente e desenvolveu-se o diagrama de *Ishikawa* apresentado na Figura 50 com o intuito de estimular a resolução dos problemas e potenciar melhorias no processo. A negrito encontram-se as causas alvo de estudo na organização e delineadas a vermelho as causas abordadas neste projeto.

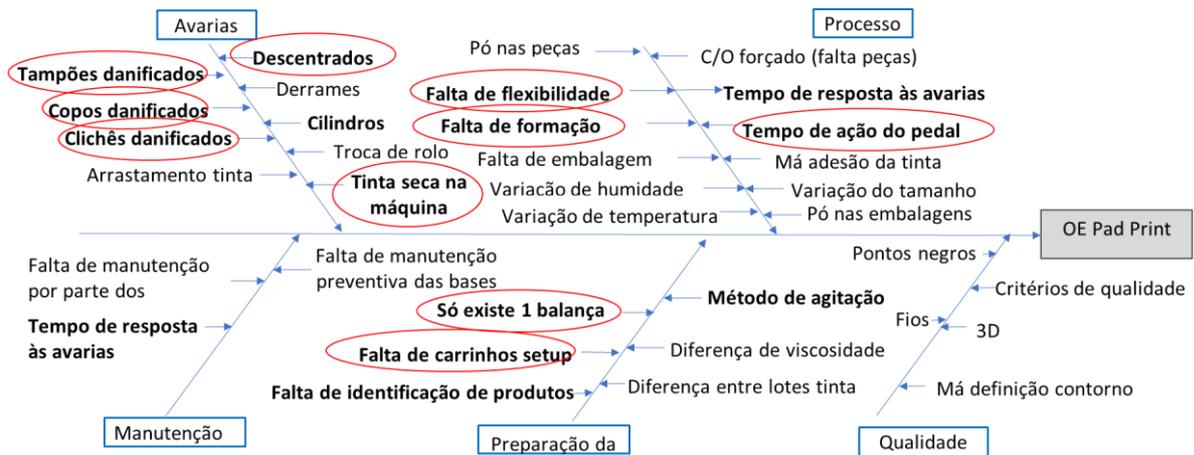


Figura 50 Diagrama de Ishikawa Tampografia

Assim, destacam-se a falta de manutenção e problemas de armazenamento de tampões, copos e clichês, falta de procedimentos de limpeza, falta de ferramentas necessários ao *setup* e necessidade de acionamento de um pedal.

De facto, e como perceptível na Figura 51a, o armazenamento dos tampões era efetuado em gavetas que danificavam a área de impressão do tampão que poderiam ser responsáveis por descentramentos dos símbolos impressos. Os clichês referentes aos mesmos produtos eram armazenados em suportes e as bases eram colocadas nas prateleiras na parte inferior do armário.

Na Figura 51b, é visível o pedal acionado pelo colaborador após a colocação e posicionamento da peça na base, operação que atualmente acresce 1 segundo a cada peça num volume diário de 2400 peças. Sendo que existem 2 máquinas onde é incorporado o pedal, são gastos cerca de 80 minutos por dia nesta tarefa que implica um impacto de 3,46% no OE.

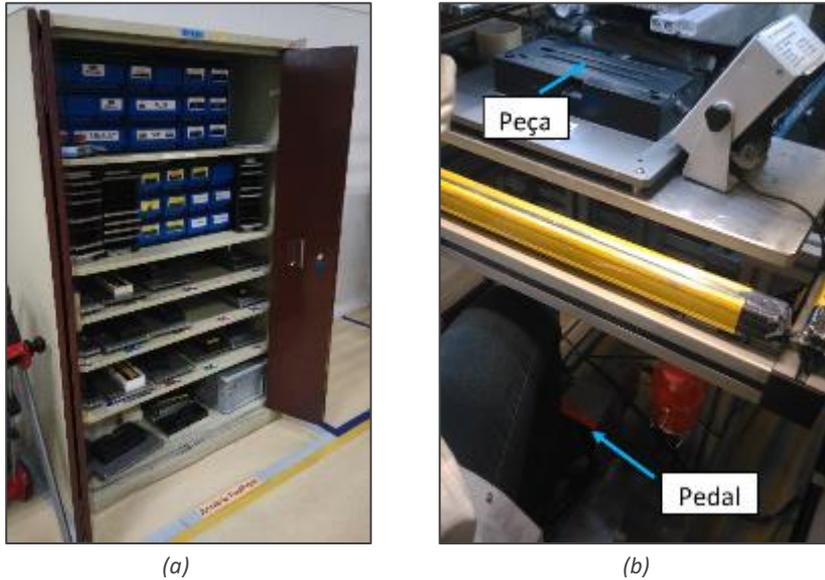


Figura 51 a) Armário inicial de armazenamento de ferramentas; b) Pedal acionado para execução da tamponada

A Tabela 6, apresenta uma síntese dos dados referidos bem como o seu impacto no OE.

Tabela 6 Estado inicial de acionamento de pedal

Estado inicial	
Tempo gasto/peça	1 segundo
Produção média diária	2400 peças
Máquinas com pedal	2
Tempo gasto/dia	80 minutos
Impacto OE Pad Print	3,46%

Outro dos problemas reportados pelos colaboradores foi a ausência de ferramentas necessárias ao *setup* no início de dia que afetava de igual forma a eficiência geral do *Pad Print*. A análise e avaliação das atividades de *setup* no início de dia foram então preponderantes para a resolução de problemas sendo que o primeiro passo foi a listagem e sequenciamento das operações desempenhadas pelos 3 colaboradores responsáveis. Na Figura 52, encontra-se a sequência das operações desempenhadas sendo evidente o desfasamento de atividades de pesagem da tinta dos operadores devido a limitação do número de balanças (existe apenas 1). Da mesma forma, verifica-se uma espera de 5 minutos por parte do operador 1 que aguarda a preparação da tinta do operador 2 para o transporte comum do material.

	06:00	06:05	06:10	06:15	06:20	06:25	06:30	06:35	06:40	06:45	Tempo total até arranque
Operador 1	Preparação material para início setup	Pesagem (Máq 1)		Preparação da tinta (Máq 1)			Ajustes de máquina e colocação de bases	Colocar cliché e tampão			45 min
Operador 2	Preparação material para início setup		Pesagem (Máq 2)		Preparação da tinta (Máq 2)		Ajustes de máquina e colocação de bases	Colocar cliché e tampão			45 min
Operador 3	Preparação material para início setup			Pesagem (Máq 3)		Preparação da tinta (Máq 3)		Ajustes de máquina e colocação de bases	Colocar cliché e tampão		50 min

Figura 52 Sequência inicial de atividades de setup da tampografia

A análise do tempo dedicado a cada operação, permitiu verificar que os operadores 1 e 2 demoram 45 minutos até ao arranque. Já o colaborador 3 perde 50 minutos em atividades de *setup*. Em suma, o funcionamento total da área de *Pad Print* acontece somente 140 minutos após cada início de turno. Como sintetizado na Tabela 7, estas atividades de *setup* interferem em 2,53% no OE do *Pad Print*.

Tabela 7 Estado inicial das atividades para arranque da tampografia

Estado inicial	
Tempo total até arranque	140 minutos
Número de máquinas por dia	6
Tempo disponível	5544 minutos
Impacto OE Pad Print	2,53%

4.7 Ineficiências associadas ao abastecimento de materiais ao supermercado injeção

A secção de montagem final recorre ao supermercado de injeção para o abastecimento de materiais utilizados diretamente nas linhas de montagem. No entanto, este processo de abastecimento efetuado pela rota é dificultado pela desorganização do mesmo e pela ausência de apoio visual na descoberta do material. Para além disso, verificam-se problemas na concretização do princípio FIFO que pressupõe o consumo do material produzido primeiro seguido do seguinte para garantir que as peças armazenadas não se tornem obsoletas e que os problemas de qualidade sejam encobertos no inventário.

A análise das atividades do colaborador responsável pela rota, permitiu concluir também que a elevada quantidade produzida de B e todas as suas variantes implicava excessivas movimentações e transportes de material injetado. Isto porque, as 6500 blendas produzidas

por dia utilizam 8 caixas por hora com 60 unidades de produto injetado resultando em 26 minutos gastos diariamente, tal como se verifica na Tabela 8.

Tabela 8 Estado inicial do transporte e alocação de guias de CD e de luz

Estado inicial		
	Injeção	Operations
Produção média diária	6500 peças	
Quantidade por caixa	60 peças	
Quantidade caixas diária	109	
Tempo de transporte e alocação	22.3 segundos	-
Tempo rota	-	120 segundos
Transportes efectuados	-	13
Tempo total gasto dia	42 minutos	26 minutos

Os colaboradores da injeção, por sua vez, executam as mesmas movimentações por dia para dar resposta ao consumo da montagem dedicando 22,3 segundos no transporte e alocação das caixas e 0,7 segundos na colocação da OP. No final do dia o tempo totaliza 42 minutos, cerca de 0,7 horas.

4.8 Análise crítica do “Cell/Line Glass Wall Document Board”

Glass Wall Document Board é um quadro presente numa zona visível que documenta e exhibe claramente os resultados do desempenho atual, as metas estabelecidas bem como quaisquer lacunas e tendências relevantes para qualquer área produtiva. A fim de definir prioridades deve ser adotado uma abordagem *Business Focus*, também referida como uma abordagem Qualidade-Volume-Custo, onde as questões mais pertinentes relacionadas com a qualidade devem ser abordadas antes das questões de volume, que são, por sua vez, seguidas das questões de custo.

Categorizada em três níveis, a *Glass Wall* é diferenciada em *Site/Plant*, *Intermediate* ou *Cell/Line*. A primeira apresenta as métricas de desempenho e o progresso das atividades de melhoria do sistema a um nível global nas áreas de segurança, qualidade, eficiência operacional, custo e produção *Lean*. Por outro lado, *Intermediate Glass Wall* comunica o foco na cadeia de valor (*Value Stream*) e enfatiza questões comuns relacionados com produtos ou processos. *Cell/Line Glass Wall*, implementada no chão de fábrica foca-se na apresentação de dados diários relativos a uma área, linha ou processo de produção bem como processos *stand-alone*. Na organização em questão, existem *standards* e requisitos claramente definidos para

a implementação e utilização desta última para acelerar a resolução de problemas (*problem solving*) e promover uma contínua melhoria do OA. O processo de revisão, designado de *Glass Wall Review*, é realizado diariamente numa reunião de equipa onde se abordam os problemas de desempenho reportados e considerados prioritários.

No *Cell/Line Glass Wall Document Board* é considerada obrigatória a exposição do FTQ Tracker, comentários relevantes do cliente a jusante, planeamento da produção e capacidade, OE Tracker, relatórios de produção, produtividade, utilização dos recursos (máquina e operador) e documentos essenciais para a resolução de problemas (FTQ Defect Tally Sheets, SOS, SWC, WCT). Para a disposição dos documentos sugere-se o layout apresentado na Figura 53, sendo organizados por secções *Quality-Volume-Cost* e *Problem Solving*. Apesar de opcional, questões relacionadas com segurança (*Safety*) em determinadas linhas ou células devem ser abordadas e, portanto, métricas e iniciativas devem formar outra das secções do quadro.

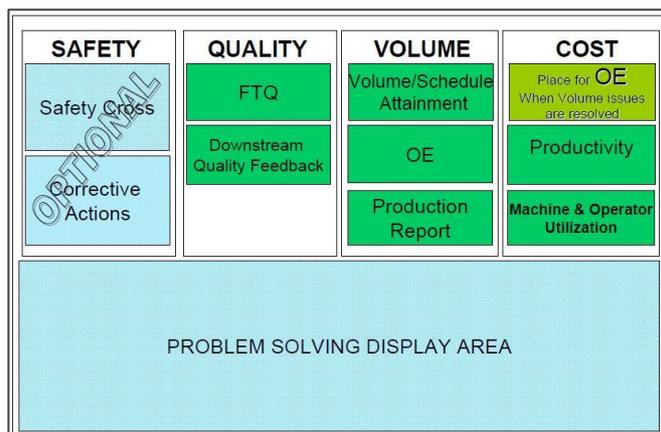


Figura 53 Layout estabelecido para exposição de métricas

Como referido anteriormente, existe a necessidade de revisão da *Glass Wall*. Na área dos plásticos, acontece uma reunião diária na qual participam líderes de equipa, supervisores de produção, colaboradores PC&L, engenheiros de produção, engenheiros industriais, elementos da equipa de manutenção e membros responsáveis pelo departamento de qualidade. Nesta reunião de cerca de 1 hora é analisado o desempenho atual do sistema através dos dados recolhidos e exibidos no quadro, são definidos objetivos, priorizados conteúdos, desenvolvidos planos de ações para os resolver, implementadas e revistas as iniciativas propostas na revisão anterior e monitorizado o impacto das ações em implementação. Um dos *Glass Wall Document Boards* existentes na área dos plásticos encontra-se representado

na Figura 54a, onde é perceptível a existência de 3 seções distintas. A seção *Quality* (Q) apresenta dados relativos ao FTQ diário em cada uma das áreas de injeção, pintura e montagem final, bem como os seus targets e os 3 principais problemas associados as discrepâncias entre esses valores. Na seção *Cost* (C) são exibidos os valores representativos do *Scrap* e OE verificados no dia de produção anterior e o seu target nas diferentes áreas dos plásticos. Na última seção, *Volume* (V), é discriminada por produto a quantidade produzida e os atrasos existentes em cada dia de produção.

Num segundo quadro existente no mesmo local, apresentado na Figura 54b, são expostos os KPI's mensais, métricas representativas da *performance* da área em termos de FTQ, *Scrap* e OE. Para além disso, existe uma seção destinada à resolução de problemas, onde existe a sua identificação, a definição de ações para os solucionar, a proposta de uma data para a sua implementação e atribuída a responsabilidade de implementação e monitorização a determinado elemento da equipa.



Figura 54 a) Estado inicial do Cell/Line Glass Wall Document Board da área dos plásticos; b) KPIs mensais, Problem Solving da área dos plásticos

Através de observação e presença assídua na reunião diária foi possível verificar que apesar de delineados os pontos essenciais da reunião não existia um sequenciamento das intervenções. Assim, concluiu-se a existência de assuntos repetidamente abordados, a intervenção simultânea de elementos da equipa e a abordagem de conteúdos técnicos relativos à área em questão. Todos estes fatores contribuem negativamente para uma dispersão de elementos, a ocorrência de conversas paralelas, o desaparecimento do foco no *Problem Solving* e o prolongamento da reunião.

Para além da reduzida visibilidade das métricas de desempenho expostas no quadro referido anteriormente, constatou-se a falta de informação no chão de fábrica sobre o planeamento da produção por linha de montagem ou máquina de tampografia para o dia produtivo.

4.9 Inexistência de um plano de rotatividade

Como descrito na seção 3.9, a montagem final é constituída por postos *stand-alone* e linhas de montagem. Os primeiros referem-se a postos com apenas um colaborador onde são efetuadas operações de montagem, cravação, laser ou inspeção. Na Figura 55a e Figura 55b apresentam-se os postos *stand-alone* de laser e cravação, respetivamente.

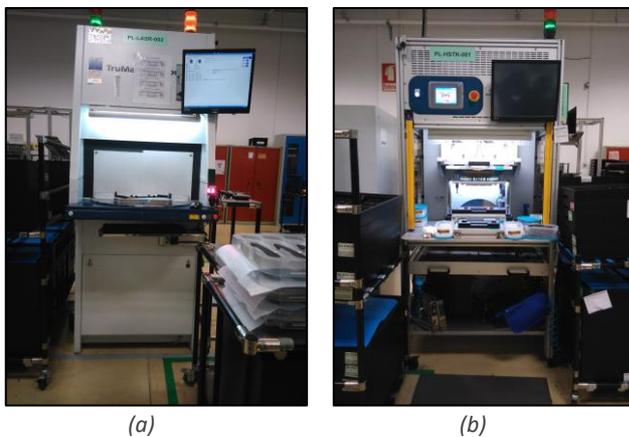


Figura 55 Postos Stand-Alone no laser (a) e na cravação (b)

As linhas de montagem são cinco das quais três são compostas por postos de montagem, cravação, inspeção e embalagem e nas restantes apenas se realiza a montagem manual. Na Figura 56a, é apresentada uma linha cujas operações requerem a utilização de equipamentos contrariamente à representada na Figura 56b.

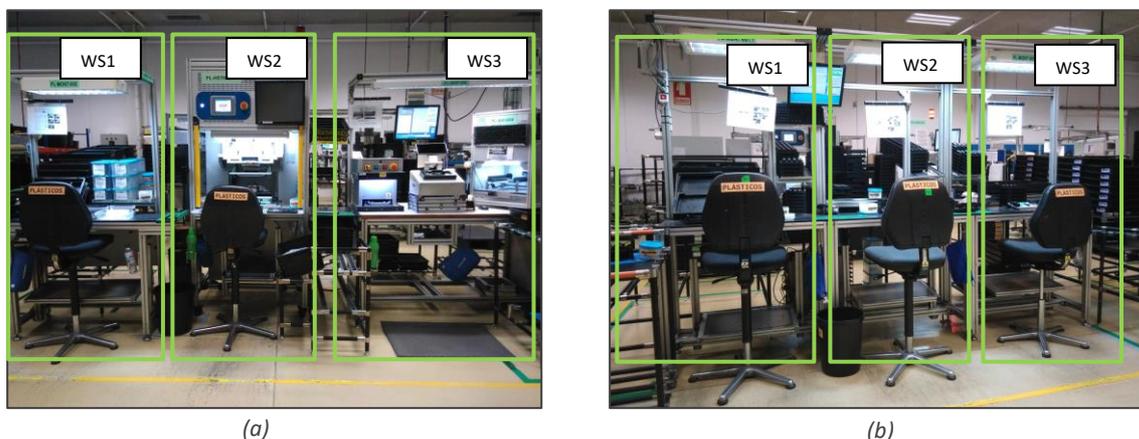


Figura 56 a) Linha de montagem, cravação, inspeção e embalagem; b) Linha de montagem manual

Devido à diversidade de operações que requerem níveis de responsabilidade e competência diferentes, à postura exigida nessas operações e à repetibilidade de tarefas verifica-se a existência de problemas associados à rotatividade entre postos de trabalho.

No início de cada turno produtivo o chefe de linha despende cerca de dez minutos na atribuição de postos de trabalho a colaboradores consoante a sua formação e a rotatividade ao longo do turno resulta da comunicação entre eles. Deste modo, podem surgir problemas na relação interpessoal de um grupo maioritariamente feminino que se traduz na falta de concentração, na origem de defeitos e conseqüentemente alteração das métricas de desempenho OE, FTQ e *Scrap*.

4.10 Desorganização de dispositivos After-Sales

A *Delphi* oferece um serviço “*After-Sales*” que permite uma entrega rápida, eficiente e constante de produtos sobressalentes ou de acessórios aos clientes após a venda de grandes quantidades de produto. Assegurando este serviço, todos os dispositivos de laser, montagem, cravação e inspeção devem estar funcionais e acessíveis para uma produção. Porém, após a análise do armazenamento dos dispositivos, verificou-se que este era efetuado num carrinho que se encontrava desorganizado e em local de difícil acesso coberto com película com o intuito de prevenir a acumulação de pó e, conseqüentemente, a danificação dos dispositivos. Através da Figura 57a e Figura 57b constata-se que não existe um local específico e devidamente identificado para cada dispositivo o que origina uma mistura de dispositivos e implica a remoção da película de proteção e a sua recolocação aquando a sua utilização. Esta falta de organização pode contribuir para atrasos nas linhas produtivas quando se produzem *After-Sales* e requer uma preparação antecipada dos dispositivos necessários.



(a)



(b)

Figura 57 Estado inicial do armazenamento dos dispositivos *After-Sales*

4.11 Síntese da descrição e análise crítica

O resumo da análise crítica e dos problemas encontrados é apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 Resumo dos problemas identificados

Problema	Descrição e Impacto
Ineficiências na montagem final	Eventos relacionados com as paragens de linha de montagem: - 28 % Avarias - 19 % <i>Changeover</i> - 5% Falta de material - 48% Outros (97.42% problemas de qualidade)
Ineficiências no processo produtivo de A	Problemas relacionados com problemas de qualidade: - 19 % Inclusões - 23 % Laser - 17% Outros - 41 % Riscos e danificações Existência de produtos com maior incidencia de riscos e danificações na produção total mensal: - Produto A: 8% - Produto B: 1% - Produto D: 2% Produto Crítico: A Impacto OE montagem final: 1,64 %
Ineficiências na injeção de teclas do produto A	Máquina 3: - Existência de danificações: 1% - Tempo diário de produção ineficiente: 480 segundos Impacto no OE injeção: 0,03% Máquina 2: - Tempo diário de paragem para desvio de peças e reposição de caixas : 45 minutos Impacto OE injeção: 0,39%
Ineficiências no processo produtivo de B	- Existência de potenciais problemas ergonómicos - Movimentação e transporte de material resultando um tempo de paragem de 425 segundos por linha Impacto OE montagem: 3,07%
Existência de actividades sem valor acrescentado	- Existência de 1,99 horas de actividades sem valor acrescentado consumidas pelo colaborador da injeção e PC&L na colocação e leituras de OP e alocação de produto acabado
Ineficiências associadas ao abastecimento de materiais ao supermercado de pintura	- Accionamento de um pedal no arranque do processo de tampografia que totaliza 80 min por dia Impacto OE pintura: 3,46% - Ausência de planeamento e sequenciamento das actividades de setup no arranque do turno produtivo que implica um atraso do arranque de 140 minutos Impacto OE pintura: 2,53%
Ineficiências associadas ao abastecimento de materiais ao supermercado de injeção	- Desorganização do supermercado de peças injectadas fornecedor do processo <i>Kitting</i> e Montagem Final - Movimentações desnecessárias no transporte e alocação de material injectado aplicado no produto B - Tempo despendido pelo colaborador Injeção: 42 minutos - Tempo despendido pelo colaborador Operations: 26 minutos
Falta de controlo dos KPI's e inexistência de planeamento da reunião diária	- Ausência de uma monitorização dos KPI's apresentados no <i>Glass Wall Document Board</i> - Reunião diária dos plásticos representava tempo não produtivo devido à: - Falta de identificação dos intervenientes - Ausência de uma sequência de intervenção - Inexistência de restrição de tempo por intervenção - Deficiente exposição visual das medidas de desempenho e principais ineficiências
Inexistência de um plano de rotatividade	- Ausência de um plano de rotatividade entre postos de trabalho - Existência de potenciais causas para distúrbios físicos (postura e repetitividade de operações) - Existência de potenciais causas para ocorrência de defeitos devido à sobrecarga visual resultante da permanente execução da mesma tarefa
Desorganização dos dispositivos <i>After-Sales</i>	- Falta de organização dos dispositivos <i>After-Sales</i> : difícil acesso, dispositivos misturados, falta de identificação

5. APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

No presente capítulo, após a identificação de problemas na seção anterior, serão descritas as propostas de melhoria que visam a atenuação ou eliminação das ineficiências com repercursões na *performance* de todas as seções produtivas.

5.1 Alterações na linha de montagem do produto A

Como referido na seção 4.2, o percurso produtivo relativo ao produto A foi alvo de estudo neste projeto devido à elevada quantidade de problemas relacionados com a qualidade do mesmo.

Tendo em vista a redução de potenciais causas para esses problemas foram propostas alterações na linha de montagem. Na Figura 58a e Figura 58b, encontram-se assinaladas as principais alterações ocorridas no primeiro e terceiro postos de montagem. Na *WS1* existiu a conversão da rampa inicialmente de entrada de material em rampa de saída evitando a acumulação de jigs vazios, a introdução de um dispositivo de controlo de pinos da lente para garantir que todos os pontos sofrem a cravação e a remoção do suporte das instruções de trabalho que potenciava danificações nas teclas. No posto de inspeção (*WS3*) foram removidas as pegas salientes do dispositivo de inspeção visual e deslocado o scanner exterior de leitura da etiqueta para o interior do sistema de teste passando a ser de leitura automática.

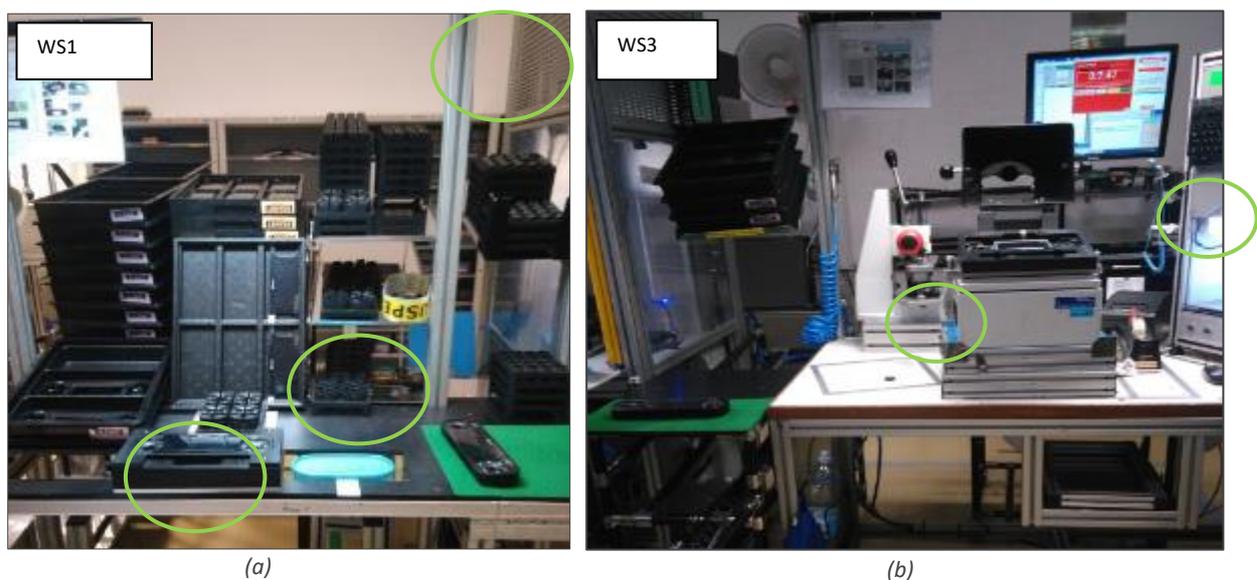


Figura 58 Alterações verificadas na *WS1* (a) e na *WS3* (b)

A normalização na tarefa de montagem das teclas foi outra das ações ocorridas sendo esta definida, sintetizada e ilustrada no Anexo III – IT Produto A, onde a montagem passou a efetuar-se da direita para a esquerda e de baixo para cima prevenindo-se o embate de teclas no *jig* e blenda. Embora fora do âmbito de riscos e danificações, simultaneamente a estas alterações foi introduzido um equipamento de controlo sonoro no primeiro posto com o objetivo de alertar a existência de pinos partidos na lente e evitar a sua passagem para a cravação.

Com o objetivo de redistribuir a carga das várias operações o mais uniformemente possível pelas WS, a análise da atual SWCT impulsionou também a alteração do conteúdo do trabalho. A tarefa de colocação da etiqueta de identificação do produto, originalmente efetuada no primeiro posto, foi transferida para o posto com menor conteúdo de trabalho (WS2). Para além do balanceamento da linha, o tempo mais longo e estabelecido para a execução de todas as operações representativo do tempo de ciclo da linha de montagem era inicialmente de 26 segundos e foi possível a redução para 24 segundos por peça.

Para além da remoção de pontos críticos e propícios ao aparecimento de riscos e danificações nos postos de montagem bem como o seu rebalanceamento, existiu uma intervenção nas estantes de armazenamento de WIP de peças com laser. O suporte da estante existente constituído por metal era responsável por muitas das danificações encontradas nas teclas, detetadas apenas no final da montagem e, por esse motivo, origem de refugo. Com o objetivo de diminuir os desperdícios associados, foi estabelecida uma altura máxima de jigs por cada torre armazenada. Com o intuito de aumentar a eficácia no armazenamento e retirada de jigs por parte do operador da rota da pintura e montagem final, respetivamente, foram também introduzidas etiquetas identificadoras do produto em questão. Na Figura 59a encontra-se o estado inicial do armazenamento em questão e na Figura 59b verifica-se o estado posterior à implementação da técnica 5S.

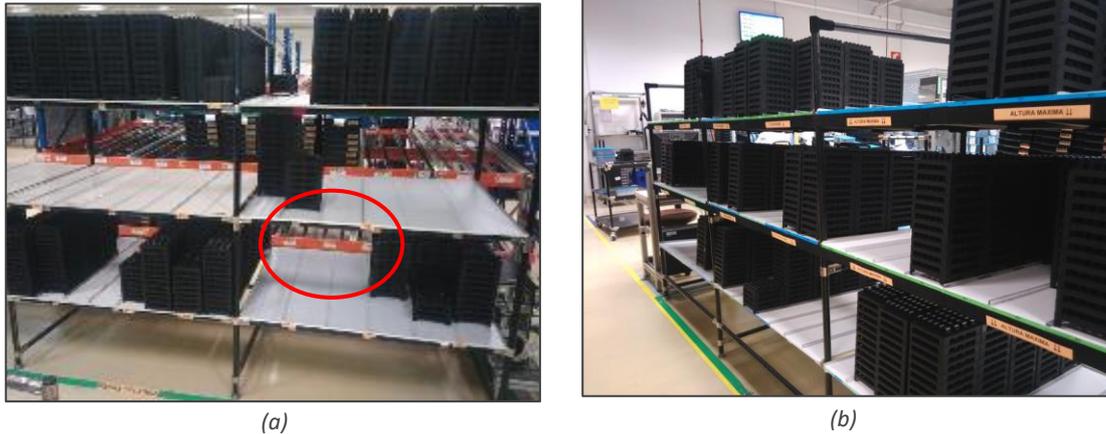


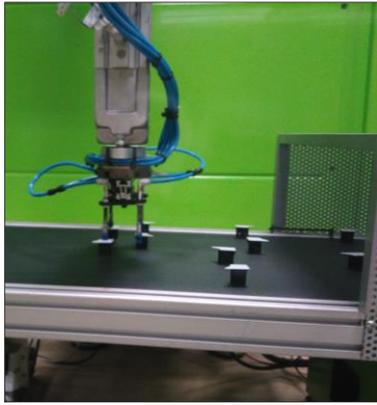
Figura 59 Estante WIP de jigs com teclas antes (a) e após (b) implementação 5S

5.2 Alteração de software na disposição de peças na máquina de injeção

Como referido anteriormente na seção 4.3, um dos problemas associados a uma ineficiente produção de A é a existência proeminente de problemas de qualidade. A análise efetuada permitiu concluir que a injeção de peças originárias das teclas na blenda A, continha problemas propícios a danificações nas teclas que causavam um impacto de 0,03% no OE. Por outro lado, constatou-se um impacto no OE da seção de injeção, causada por uma segunda máquina, de 0,39%.

Concentrando esforços para colmatar esses problemas, principalmente na máquina 2 cujo impacto no OE era superior, a solução encontrada foi uma alteração de *software* da máquina. Se inicialmente, o braço robótico retirava as peças do molde e as colocava sempre na mesma posição em caixas situadas no tapete rolante, a modificação do software permitiu o alargamento do campo de ação do braço robótico. Deste modo, o braço robótico consegue posicionar-se em 2 posições distintas e libertando 2 peças a cada posição (2 do lado direito seguidas das 2 do lado esquerdo) é possível uma separação das 4 peças distintas no tapete rolante, como ilustrado na Figura 60a. Este, outrora parado com as caixas no mesmo local e isoladas no interior da máquina, passa a movimentar-se permitindo a retirada de peças do exterior da máquina. Assim, não existe a necessidade de paragem de máquina para revirar peças e substituir caixas completas.

No final do tapete são colocadas igualmente as 4 caixas destinadas a cada referência injetada no molde sendo a divisão das teclas auxiliada por um suporte visível na Figura 60b.



(a)



(b)

Figura 60 a) Disposição de peças no tapete após alteração; b) Suporte auxiliar de separação de peças à saída do tapete

Na mesma figura, é também visível a gestão visual, prática comum ao *Lean Production*, através do qual são identificados os produtos e atribuídas cores a cada molde com a finalidade de garantir a correspondência do PN injetado com as referências inscritas nas OPs.

5.3 Implementação de uma prensa automática

As ineficiências na produção de B resultavam essencialmente da utilização da prensa manual e da existência de acessos difíceis a material (*frontplates*), como abordado na secção 4.4. Para além de questões produtivas, eram visíveis fatores de risco ergonómicos que poderiam influenciar de igual forma a eficiência operacional a longo prazo.

Numa produção diária de 5200 blendas cuja tendência é aumentar torna-se preponderante intervir ao nível das funções e atividades que produzem efeitos negativos no desempenho profissional. A automatização da operação de montagem da *frontplate*, com o objetivo de reduzir a carga muscular, apresenta-se como uma das medidas preventivas para os riscos inerentes a ela. Com um investimento inicial de 15000€, foram adquiridos 2 equipamentos de prensagem automática para cada linha destinada à montagem de B. Na Figura 61a encontra-se o equipamento inicial que foi substituído pelo equipamento que se encontra na Figura 61b. A aquisição de uma prensa automática resultou igualmente numa redução de tempo de ciclo, inicialmente de 21,4 segundos verificando-se conseqüentemente um acréscimo da capacidade de produção. Simultaneamente à implementação da prensa automática, foi introduzida uma rampa para facilitar o acesso às *frontplates* observável na Figura 61c.

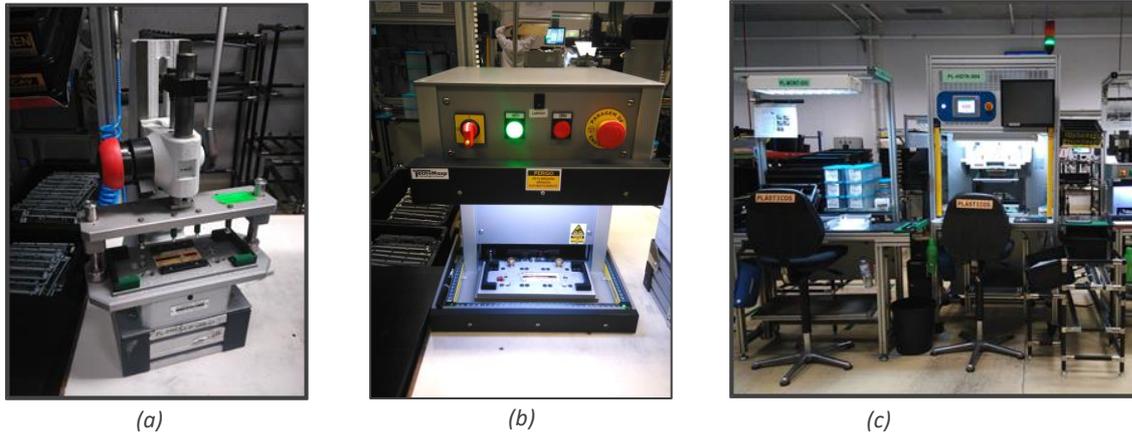


Figura 61 a) Prensa manual existente inicialmente; b) Prensa automática implementada; c) Rampa de acesso a material e prensa automática

Na terceira linha, na qual existe a produção de C que contém igualmente uma *frontplate* foi também inserida uma rampa abastecida diretamente pelo operador de PC&L com o intuito de evitar paragens na linha e eliminar a movimentação e transporte das caixas de peso considerável.

5.4 Eliminação da leitura de ordens de produção

A existência de actividades sem valor acrescentado indicam o consumo de recursos onde não existe a criação de valor aos olhos do cliente e, portanto, consideradas desperdício. Como verificado na análise das tarefas afectas ao colaborador PC&L, a tarefa de alocação de *brackets* apresentava operações que podiam ser reduzidas ou até eliminadas com vista a adição de valor.

Inicialmente eram necessárias 3 leituras de ordens de produção para a entrada de material no depósito de injeção, transferência do material para o depósito de montagem final e movimentação deste para o cliente (armazém de produto acabado). A solução proposta com vista à eliminação dessas actividades que exigiam a participação de 2 colaboradores de secções diferentes, implicou uma alteração no *software* de embalagem que foi modificado para que essas movimentações fossem efectuadas numa única etapa e de forma fictícia. Deste modo, o colaborador da montagem final processa a montagem do material injectado e da chapa dissipadora, posiciona o material na máquina, é efectuada a cravação, embala a peça na caixa e coloca a OP impressa a cada caixa completa contendo a quantidade, *part number* (referência) do produto e data da montagem. O programa de embalagem que contabiliza as peças cravadas e informa a conclusão da caixa é igualmente responsável pela entrada e saída

do material da injeção e pela entrada da *bracket* na montagem final. Cada OP é apenas lida pelo operador de PC&L quando da alocação da paleta com o intuito de informar a saída do material da seção de montagem final com destino ao cliente (Edifício 1). As etapas do processamento e alocação de *brackets*, encontra-se esquematizado na Figura 62, onde a cor laranja indica a existência de 1 leitura contrastando com as 3 leituras requeridas inicialmente.

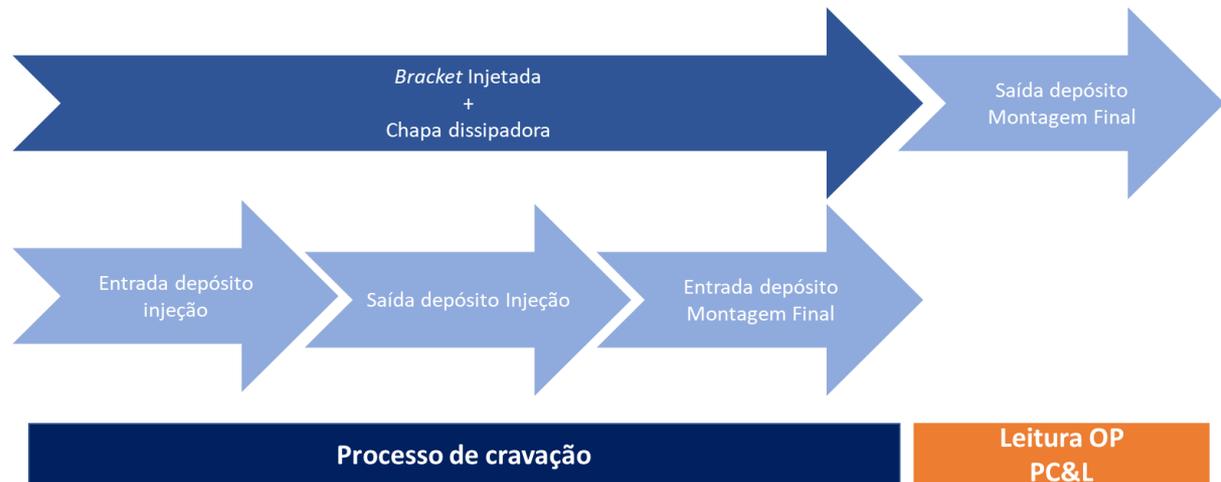


Figura 62 Esquematização do processo produtivo de brackets e leituras após alteração

Em suma, na produção de *brackets* cujos processos de injeção, montagem, cravação e embalagem são realizados no mesmo local físico a transferência entre depósitos passou a ser simulada e o transporte segue o trajeto representado a amarelo na Figura 63.

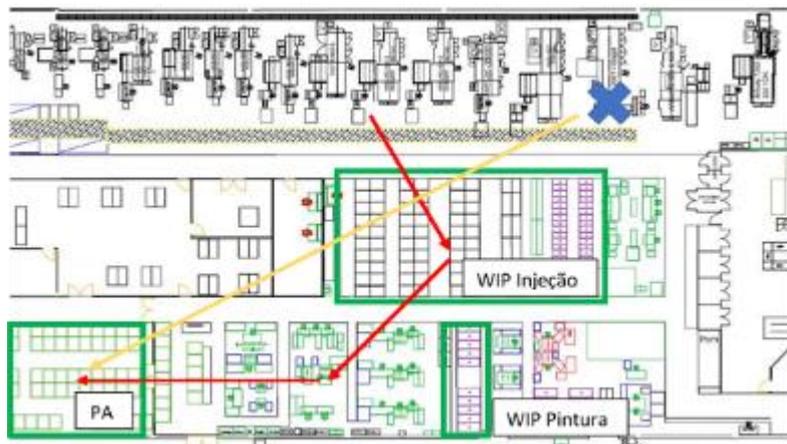


Figura 63 Percurso teórico de qualquer produto injetado e percurso brackets após alteração

5.5 Melhoria do processo de *Pad Print*

A tampografia é um dos processos fornecedores da montagem final. Portanto, após uma análise do desempenho da seção destinado ao processo foi necessária uma intervenção de modo a evitar e, se possível, eliminar entropias na montagem final por falta de material. Por

consequente, foram detetadas oportunidades de melhoria no que diz respeito ao armazenamento de ferramentas, no planeamento de atividades de *setup* e na técnica de acionamento da máquina responsável pela tampografia.

Originalmente, os clichés e as bases relativas ao mesmo produto eram colocadas em partes distintas do armário sendo que os tampões eram arrumados em gavetas numa altura superior. Este método de armazenamento mostrou-se ineficaz e confuso no momento de recolha de materiais para *changeover*. Por outro lado, era previsível a ocorrência de descentramentos devido à dificuldade de fecho das gavetas e danificações nos tampões.

Assim, com uma intervenção ativa dos colaboradores e a aplicação da técnica 5S, os clichés e as bases do mesmo produto passaram a ser armazenadas no mesmo local devidamente identificado e os tampões colocados em suspensão em lugar destinado para tal. Na Figura 64 é observável o novo método de alocação de ferramentas e a aparência modificada e organizada do armário no *shopfloor*.



Figura 64 Armazenamento de ferramentas de Pad Print após aplicação de 5S's

A alteração proposta para a supressão da utilização do pedal, sugere a implementação de um sensor que informe a existência da peça na base e permita o arranque automático do processo de tampografia. Deste modo, o colaborador apenas necessita de proceder ao posicionamento da peça, movimentar os membros superiores para o exterior da máquina acionando as barreiras de segurança e aguardar o término da impressão.

Relativamente às atividades de início de dia efetuadas pelos 3 colaboradores responsáveis pelas 3 máquinas de tampografia, foi criado um planeamento e sequenciamento das atividades passando a existir um processo de *setup* partilhado. O planeamento executado encontra-se na Figura 65 no qual é visível a inexistência de desfasamentos e esperas.

	06:00	06:05	06:10	06:15	06:20	06:25	06:30	06:35	06:40	06:45	Tempo total até arranque
Operador 1	Levantar ficha setup Pesagem (Máq 1)		Preparação da tinta (Máq 1)		Colocar cliché e tampão						30 min
Operador 2	Preparação material para início setup (Máq 1/Máq 2/Máq 3)	Pesagem (Máq 2)		Preparação da tinta (Máq 2)		Colocar cliché e tampão					35 min
Operador 3	Ajustes de máquina e colocação de bases (Máq 1/Máq 2/Máq 3)		Pesagem (Máq 3)		Preparação da tinta (Máq 3)		Colocar cliché e tampão				40 min

Figura 65 Sequência de atividades de *setup* da tampografia após alterações

No início de cada dia, o operador 1 levanta todas as fichas de *setup* que contém informações como o projeto, equipamentos a utilizar (cliché, tampão, base e ferramenta de ajuste), quantidade de tinta, endurecedor e solvente, tempo de agitação e viscosidade. O operador 2 fica responsável pela preparação do material para início de *setup* de todas as máquinas, enquanto que o terceiro operador ajusta as máquinas e coloca as bases nas 3 máquinas. Após o levantamento das fichas de *setup*, o operador utiliza a balança seguido do operador 2 e 3, existe a preparação da tinta e o regresso à máquina para colocação do cliché e tampão como ilustrado na escala apresentada.

A falta de manutenção por parte dos colaboradores, apontada também como uma das causas para o aparecimento de problemas na secção de pintura e nomeadamente no *Pad Print*, originou a realização de uma WI para *housekeeping*, que se encontra no Anexo V – Instrução de *housekeeping*. A instrução de trabalho que auxilia o colaborador aquando da execução da tarefa descrita rege-se pela técnica 5W2H e contém o local onde desenvolver (máquina de tampografia 1), o mentor da tarefa (operador), a periodicidade da mesma (semanal), o método (limpar as áreas assinaladas), os meios (pano e produto de limpeza) e inspeção e registo das atividades (registo da atividade no formulário).

5.6 Organização do supermercado de peças injectadas

Sendo um dos imprevistos contabilizados na eficiência operacional das linhas de montagem a falta de material, a procura exaustiva e ineficaz do mesmo pode estar associado a atrasos no abastecimento das linhas. Assim, torna-se crucial a organização e identificação do material de

modo a reduzir o seu impacto no desempenho do sistema. Além disso, a constante aquisição de novos projetos por parte da empresa apesar de positiva condiciona questões importantes de capacidade produtiva e, inevitavelmente, de armazenamento. Por esse motivo, a empresa deve reajustar e reorganizar esses aspetos.

Assim, e tendo em conta os problemas identificados na secção 4.7, procedeu-se à reorganização do supermercado de peças injetadas, à implementação de um suporte visual de apoio à alocação e recolha de material, transferência de material em caixas para alocação a paletes e criação de uma instrução de trabalho para garantir o cumprimento do princípio FIFO.

Utilizando a técnica 5S com o intuito de promover e incentivar a organização da estante, o material raramente ou nunca usado foi removido ou colocado a níveis inferiores da mesma e o material frequentemente utilizado foi agrupado por produtos. Para além disso, o material usado diretamente na montagem foi separado fisicamente do utilizado no processo de *Kitting* e foram atribuídas cores a cada PN que delimitam o término de um e o começo de outro na estante. Na Figura 66a é visível a gestão visual aplicada e a utilização maioritária das estantes superiores para evitar transtornos físicos dos colaboradores. A colocação do mapa, visível na Figura 66b, contribui para uma procura mais eficaz por produto e uma mais rápida alocação do mesmo uma vez que descreve o armário, a estante e a posição conforme ilustrado na Figura 66c.



Figura 66 a) Armazenamento após implementação da técnica 5S's; b) Mapa visual de localização de material; c) Estante com posições e níveis atribuídos

Aquando a alocação do material verificou-se, também, uma necessidade excessiva de espaços dedicados aos guias de luz e guias de CD empregues diretamente na montagem do produto B e suas variantes, devido ao seu volume de produção elevado. De uma forma geral, o material era injetado, colocado num buffer temporário (palete) e alocado na estante ao longo do dia pelos colaboradores de injeção. A alteração proposta impulsionou a alocação definitiva desses materiais na zona de WIP de injeção, a uma distância inferior às linhas de montagem reduzindo o tempo consumido pelo operador da injeção (42 minutos por dia) e pelo operador da rota (26 minutos por dia). O armazenamento anterior e posterior à alteração é evidente na Figura 67a e Figura 67b, respetivamente.



Figura 67 Armazenamento de guias de CD e de luz antes (a) e depois da alteração (b)

Para garantir a compreensão e necessidade de cumprimento do princípio FIFO bem como estabelecer normas explícitas e normalizadas para recolha e alocação de material, foi desenvolvida a instrução de trabalho existente no Anexo VI – Instrução de Gestão FIFO (alocação/recolha).

5.7 Proposta de um novo “Cell/Line Glass Wall Document Board”

No âmbito de *workshop* e com o intuito de promover uma rápida e eficaz tomada de decisões, foi proposta uma alteração do *Glass Wall Document Board* onde todas as informações devem obedecer aos requisitos de transparência, devem ser exatas, definidas e entendidas por todos os participantes. A alteração consistiu na mudança e síntese dos dados exibidos, na nomeação dos intervenientes na reunião diária de produção, na criação de uma sequência de

apresentação, na restrição de tempo por intervenção e na exposição visual das métricas de desempenho do sistema produtivo dos plásticos. A Figura 68 demonstra o layout proposto e implementado no *Glass Wall Document Board* que auxilia a comunicação dos elementos da equipa na reunião diária de produção e facilita a análise das métricas e questões relacionadas com segurança, pessoas, qualidade, volume e custo (S-Q-V-C).

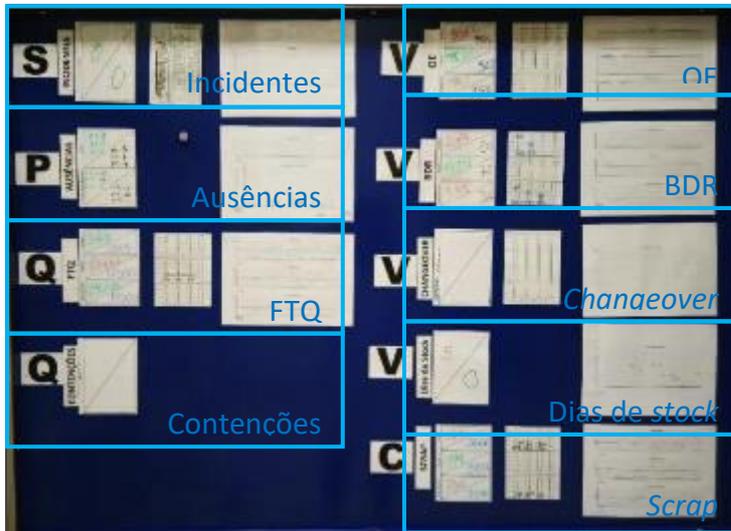


Figura 68 Proposta de novo Cell/Line Glass Wall Document Board da área dos plásticos

Os indicadores de desempenho são então representados de forma simples e visual para que estejam perceptíveis a todos os elementos da equipa e seja mais fácil a deteção de anomalias e lacunas. Para tal, é utilizada a cor vermelha para identificar discrepâncias negativas em relação ao *target* definido ao invés da cor verde para reforçar o foco no que realmente importa.

De modo a garantir uma reunião produtiva e focada são destacados os indicadores mais importantes entre os quais os Incidentes, Ausências, FTQ, OE, *Breakdown Rate (BDR)*, *Changeover*, Número de peças com *stock* inferior a 1 dia e o *Scrap*.

A primeira seção (*Safety*) reporta a quantidade de incidentes ocorridos versus a quantidade acumulada mensal ocorrida na APU (*Autonomous Production Unit*) dos plásticos e são identificados os locais da ocorrência no diagrama de concentração do *layout* do edifício.

O KPI Ausências, relativo a seção *People*, reflete o número de pessoas disponíveis em cada turno do dia anterior relativamente ao número planeado de pessoas, nas áreas de injeção e montagem. Durante os minutos atribuídos a este KPI devem ser respondidas questões quanto

aos efeitos das ausências na produção, se foi necessário a movimentação de pessoas ou a contratação temporária de colaboradores.

A seção *Quality* é representada pelo KPI FTQ e também pelo número de contenções. O líder da qualidade é responsável pela documentação dos dados de FTQ do dia anterior de todas as áreas dos plásticos em comparação com o seu *target* e deve priorizar os problemas de qualidade através da elaboração de um gráfico de barras sustentado no princípio de Pareto (80% das consequências advêm de 20% das causas) que ordena a frequência das ocorrências. Já o número de contenções equivale à quantidade de material retido na cadeia de valor para evitar o comprometimento do processo posterior. Durante a intervenção devem ser respondidas questões sobre o local onde ocorreu o problema, se este se encontra resolvido ou contido, como se impede a sua recorrência ou se existe a necessidade de utilização de outras ferramentas (*A3 Problem Solving Tool*, Diagrama de *Ishikawa*, entre outras).

O OE, *Breakdown Rate (BDR)* e *Changeover*, são KPI's associados à secção Volume. Para a injeção, pintura e montagem é determinado e afixado o OE, valor correspondente à percentagem real de produção de peças boas de uma máquina ou processo relativamente à sua capacidade. Para as referidas áreas, é também exibida a frequência de ocorrência de avarias por equipamento (*BDR*) e ilustrados num diagrama de Pareto os principais contribuidores para o tempo de inatividade verificado no dia anterior. O *Changeover* refere-se ao número de mudanças de produto executadas na área de injeção em relação ao previsto. Para além dos KPI's referidos, surgiu a necessidade de criação de um novo indicador por forma a alertar para a existência de produtos com um *stock* inferior ao 1 dia de *stock* de segurança exigido entre edifícios.

O *Scrap* constitui a última seção (*Cost*) e informa qual o valor monetário correspondente ao refugo produzido no dia anterior em relação ao *target* diário nas diferentes áreas. Este refugo resulta da produção de peças em não conformidade com as especificações que dá origem a desperdício por não ser possível o seu reprocessamento.

Em todos as métricas analisadas e apresentadas no *Glass Wall Document Board* existe um gráfico cumulativo diário de modo a ser avaliada qualquer tendência dos valores respetivos ao longo de cada mês.

O *Glass Wall Document Board* alusivo à resolução de problemas foi igualmente redesenhado com o intuito de incentivar o envolvimento de todos os participantes na resolução de

questões levantadas na reunião diária de produção e permitir uma monitorização mais eficaz das ações desenvolvidas. Assim, e tal como ilustrado na Figura 69, foi delimitada uma área destinada a ações diárias que devem ser ordenadas por ordem de relevância e uma área reservada a ações semanais assim classificadas por necessitarem de análises e estudos mais abrangentes e complexos.



Figura 69 Proposta de novo Cell/Line Glass Wall Document Board (KPIs mensais, Problem Solving) da área dos plásticos

Os valores de OE, Scrap e FTQ devem ser calculados diariamente na célula, linha ou processo e resumidos mensalmente para impulsionar a melhoria do desempenho. A síntese mensal dessas métricas é exibida na parte inferior do quadro para cada seção da área dos plásticos. Ainda no *Glass Wall Document Board* encontram-se afixadas a instrução para a realização diária de produção dos plásticos e os seus intervenientes, rotinas de gestão e a agenda da reunião.

A instrução de trabalho (*Work Instruction*) foca-se numa abordagem 5W2H na qual se identifica a pessoa responsável pela atualização de cada KPI e pela seleção dos assuntos pertinentes, quais os dados que devem ser exibidos, onde se pode obter a informação necessária, quando e com que frequência devem ser atualizados os dados e como devem ser transcritos os mesmos nos gráficos.

As rotinas de gestão permitem uma avaliação do envolvimento dos participantes nas reuniões diárias ao longo do mês, sendo registadas as presenças e se cada interveniente atualizou previamente os dados. Por último, na agenda da reunião é sequenciada a mesma e detalhado o tempo disponível para cada intervenção sendo atribuídos 3 minutos por cada KPI e líder de seção.

5.8 Gestão visual

Na seção 4.8, foi efectuada uma análise crítica do cell/line *Glass Wall Document Board* na qual se verificou a existência de fragilidades na apresentação dos KPI's representativos do desempenho do sistema produtivo. Para além disso, foi referido a inexistência de um controlo sobre a produção por linha de montagem ao longo de todas as horas produtivas. Surgiu, então, a proposta de aplicação de uma gestão visual no qual são programados os PN a fabricar a cada hora do dia, a linha de montagem destinada e as quantidades previstas de produção. Este método que confere transparência à seção de montagem final foi alargado à seção de pintura, no qual passaram a ser identificadas as máquinas de *Pad Print* e os produtos a serem tampografados. Os quadros apresentados nas Figura 70a e Figura 70b, ilustram as informações de ocupação dos processos de montagem e *Pad Print*, respetivamente, nos quais é visível outras informações relevantes como o registo de limpeza e *housekeeping* de ambas as seções e a localização de material.

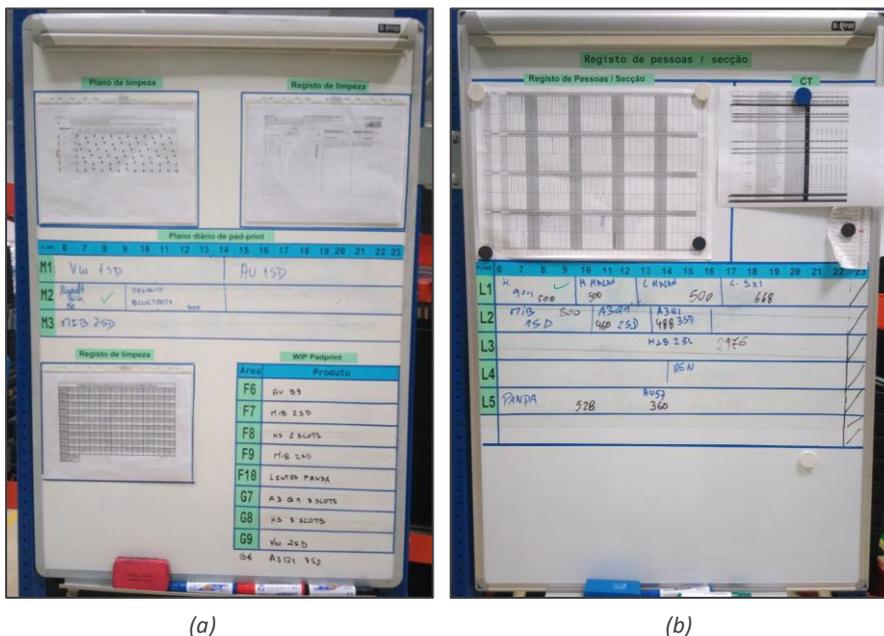


Figura 70 a) Gestão visual seção montagem; b) Gestão visual seção pintura

5.9 Definição de um plano de rotatividade entre postos de trabalho

Tal como referido no capítulo anterior, a empresa não possuía nenhum plano para garantir a rotatividade de colaboradores entre postos de trabalho. Numa fase inicial, foi necessário observar as tarefas desempenhadas por cada colaborador com vista a caracterização de um

sistema de trabalho complexo, composto pelo posto de trabalho, o ambiente físico que o rodeia e o conteúdo de trabalho. Após uma primeira análise, verificou-se a existência de fatores relevantes para a criação de um plano de rotatividade entre os quais:

- (1) Fatores ergonómicos (e.f. postura, movimentos repetitivos, movimentação)
- (2) Fatores organizacionais (e.f. linhas de produção ativas) e
- (3) Fatores individuais (e.f. relações interpessoais, estatura, competências).

No domínio dos **fatores ergonómicos**, nomeadamente a movimentação, as posturas adotadas e os movimentos repetitivos, apresentam riscos para os colaboradores e conseqüentemente para a empresa. Na avaliação destes riscos, constatou-se a existência de postos limitados à postura de pé ou sentado e em todos os postos se verificou a repetibilidade de tarefas.

A ter em consideração são também os **fatores organizacionais** que determinam quais as linhas de produção ativas e a duração da sua atividade tendo em conta o planeamento de produção diário.

Por último, os **fatores individuais** como as relações interpessoais, capacidade física e competências devem ser abordados na criação de um plano de rotatividade. Para compreender as relações existentes entre os colaboradores e tendo em conta que o trabalho em equipa deve vigorar em qualquer empresa, a vivência com os colaboradores no decorrer do projeto foi um aspeto fundamental. Relativamente ao nível de competências, em cada posto de trabalho existem quatro níveis de competências (0,1,2,3,4). Estes níveis de competências já se encontram, atualmente, definidos e implementados na empresa e cada nível está associado a um nível de competência para desempenhar determinada tarefa (o nível 0 corresponde à ausência de qualquer formação a contrastar com o nível 4 que dota o operador com competência para dar formação).

Relacionando todos os fatores, surgiu a necessidade de criar subgrupos com um número reduzido de trabalhadores para facilitar a implementação e o controlo do plano de rotatividade. O número máximo de elementos por grupo é quatro, sendo também quatro o número de postos de trabalho ocupados num turno produtivo de 8h. Assim, estabeleceu-se que as permutas aconteceriam de 2 em 2 horas.

Considerando a divisão em grupos e as características de cada posto, procedeu-se à divisão do *layout* de forma visual sendo atribuídos números e cores aos postos de trabalho e às linhas de produção, como ilustrado na Figura 71.

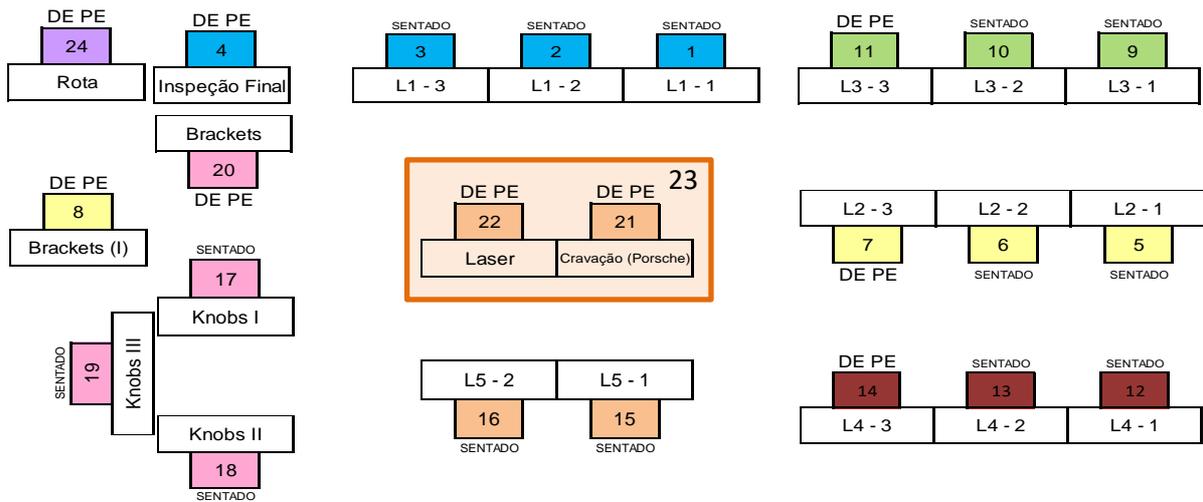


Figura 71 Layout do chão de fábrica

O fluxo da produção da linha 2,3 e 4 é da direita para a esquerda ou vice-versa e na generalidade todos os produtos seguem sempre a mesma sequência de produção. No entanto, isso não se verifica nas restantes linhas, uma vez que existem produtos que carecem de outras operações. Assim, pode se concluir a ausência de flexibilidade das linhas de produção e a necessidade de criar um plano de rotatividade consoante os postos requeridos para o cumprimento do planeamento diário. O passo seguinte passou, então, por estabelecer uma sequência de postos, para cada colaborador e para todos os dias da semana, considerando todos os fatores acima descritos. A Figura 72, representa um plano de rotatividade proposto para as linhas 1,2,3, 4 e os postos destinados à montagem de botões (*knobs*).

PLANO ROTATIVIDADE - TURNO 1																									
Actualizado em 17/04/2017 18:33																									
Segunda					Terça					Quarta					Quinta					Sexta					
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
L1 + L4 + Knobs	91425	12	13	23	14	14	23	13	12	23	14	12	13	13	23	14	12	12	13	23	14				
	91625	13	23	14	12	12	14	23	13	14	12	13	23	23	14	12	13	13	23	14	12				
	91470	23	14	12	13	13	12	14	23	12	13	23	14	14	12	13	23	23	14	12	13				
	91626	14	12	13	23	23	13	12	14	13	23	14	12	12	13	23	14	14	12	13	23				
	91628	19	2	3	4	2	3	4	19	3	4	19	2	4	19	2	3	19	4	1	2				
	91725	20	1	2	17	18	1	17	20	2	17	20	19	17	20	3	2	20	2	3	17				
	91431	1	3	4	18	3	4	18	1	4	18	1	3	18	3	4	1	1	3	4	18				
	91591	2	17	1	3	4	20	3	2	1	3	2	4	1	2	17	4	14	17	2	1				
	91691	3	4	20	1	1	2	1	3	20	2	3	1	3	4	1	20	2	1	20	3				
	91689	4	19	18	2	19	18	2	4	18	1	4	17	2	1	19	18	3	19	18	4				
	7525	18	20	17	19	20	17	19	18	17	19	18	20	19	18	20	17	18	20	17	19				
	91596	17	18	19	20	17	19	20	17	19	20	17	18	20	17	18	19	17	18	19	20				
	91003																								
	Linha 2	91628	5	7	6	8	8	5	7	6	8	5	7	6	8	5	7	6	8	6	7	5	8	6	7
		91587	7	6	8	5	6	8	5	7	5	7	6	8	5	8	6	7	7	5	8	6			
	91554	6	8	5	7	7	6	8	5	7	6	8	5	7	5	8	6	6	7	5	8				
	91643	8	5	7	6	5	7	6	8	6	8	5	7	6	7	5	8	8	6	7	5				
Linha 3	5563	9	10	11	9	10	9	11	10	11	10	9	11	9	10	11	9	11	10	9	11				
	8254	10	11	9	10	9	11	10	9	10	9	11	10	10	11	9	10	9	11	10	9				
	10394	11	9	10	11	11	10	9	11	9	11	10	9	11	9	10	11	10	9	11	10				
	91413	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24				

Figura 72 Plano de rotatividade

5.10 Organização dos dispositivos after-sales

Os dispositivos *After-Sales*, armazenados em locais de difícil acesso e de forma caótica, como referido na seção anterior, foram alvo da aplicação da técnica 5S para combater o problema de desorganização. Numa primeira etapa foram recolhidos os dispositivos referentes à montagem, cravação, laser e inspeção visual de produtos de fabricação pontual. Após uma limpeza dos mesmos, estes foram colocados em locais identificados por ordem de processos e por produto em armários fechados para garantir o acesso restrito e a concentração de impurezas. O armário resultante encontra-se na Figura 73a, onde são perceptíveis o agrupamento de equipamentos e a organização dos dispositivos.

A localização do armazenamento dos dispositivos *After-Sales* encontra-se demarcado a cor azul na Figura 73b, local mais distante das linhas de montagem devido ao seu volume de produção baixo. Junto das linhas produtivas, demarcado a vermelho, encontram-se os dispositivos usados diariamente que foram igualmente alvo de organização e limpeza.

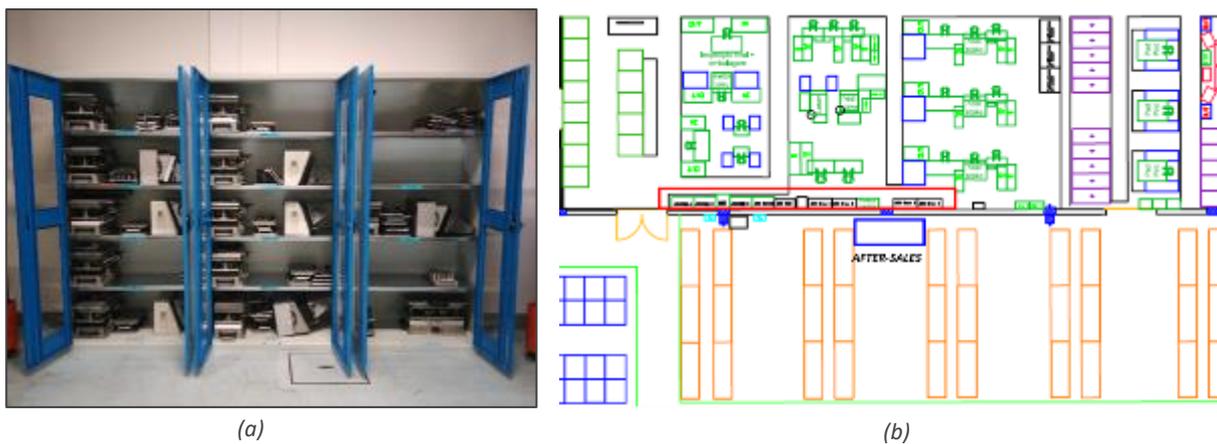


Figura 73 a) Armazenamento dos dispositivos *After-Sales* após implementação 5S; b) Localização dos dispositivos *After-Sales* e dos dispositivos de uso diário

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo de análise e discussão de resultados, existe uma confirmação da viabilidade das propostas implementadas sendo referidos os benefícios obtidos e que se esperam obter com as ações de melhoria propostas ao longo do projecto. Para corroborar a existência de resultados positivos é realizada uma comparação entre o estado inicial do sistema produtivo antes de qualquer melhoria e o ponto de situação após alterações.

6.1 Melhoria FTQ e rebalanceamento da linha de montagem do Produto A

A existência de um número elevado de riscos e danificações no Produto A foi alvo de análise crítica seguida de propostas para reduzir o refugo associado e melhorar a qualidade do produto, entre as quais se destacam:

- Revestimento da estante de armazenamento;
- Alterações físicas na linha de montagem;
- Alteração do *Standard Work* na montagem;
- Implementação de um equipamento de controlo de defeitos na lente;
- Alteração do conteúdo de trabalho na linha de montagem;
- Transferência do *scanner* exterior do equipamento de teste para o interior do mesmo;
- Alteração do *software* responsável pelo processo de injeção de peças.

Todas estas ações iniciadas no último mês de 2016 impulsionaram um aumento de qualidade e estabilidade do processo produtivo de A que a médio prazo revelaram redução do refugo resultante, numa média de 9,5% mensal na seção de montagem final e 7% mensal em todas as seções produtivas. Através do gráfico da Figura 74, é perceptível a diminuição verificada na percentagem de refugo na montagem final calculada através da razão entre as despesas associadas à produção de peças não conformes (inclui o investimento em material e mão-de-obra) e o valor total de produção.

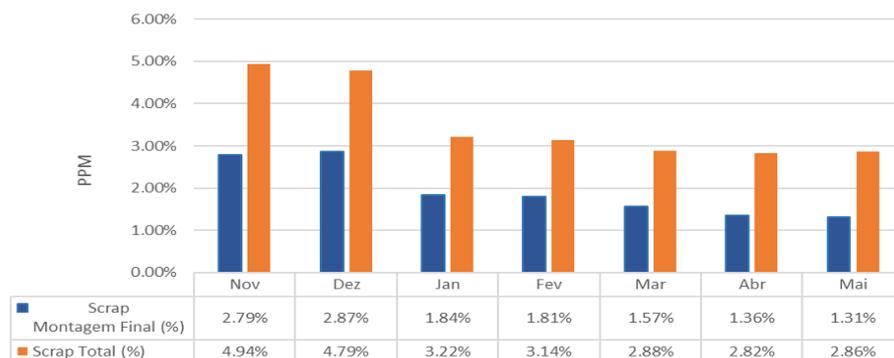


Figura 74 Percentagem de refugo do produto A na montagem final e total

O FTQ sofreu igualmente alterações verificando-se uma redução média de 20,46% a cada mês após o começo das modificações descritas. Este decréscimo de peças rejeitadas por cada milhão devido a riscos e danificações é evidenciado no gráfico de barras da Figura 75.

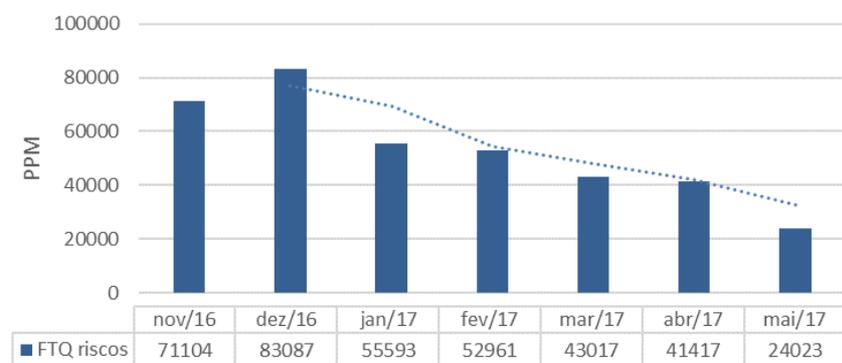


Figura 75 FTQ relativo a riscos no produto A

Os defeitos não recuperáveis que ocorrem na blenda do produto A originam refugo automaticamente uma vez que o custo do retrabalho (remover e retornar a montar as teclas) se sobrepõe à despesa respeitante ao *scrap*. Assim e analisando os dados fornecidos pelo departamento de qualidade, constata-se uma incidência de 1,50% dos riscos e danificações na blenda. Considerando o volume diário de aproximadamente 407 peças, cujo valor unitário equivale a 6,50€, e tendo em conta a tendência de melhoria de FTQ, é possível atingir uma poupança de 179,34€ mensais que no final do ano corrente constitui uma economia de 1 956,45€, dados estes representados na Tabela 10.

Tabela 10 Resultados esperados com a melhoria de FTQ do produto A

Resultado da proposta	
Produção média diária	407 peças
Produção média mensal	8962 peças
% defeitos blenda/mês	1,50%
Custo blenda	6,50 €
Melhoria FTQ riscos	20,46%
Poupança mensal	179, 34 €
Poupança ano	1 956,45 €

Para além de uma melhoria significativa dos valores de refugo e consequentemente de qualidade, objetivo constante da organização em questão, o conteúdo de trabalho dos postos foi modificado com vista o rebalanceamento da linha. Recorrendo a uma SWCT, no qual são sequenciadas as operações desempenhadas pelos operadores, a sobrecarga no primeiro posto tornou-se notória. A transferência da tarefa de colocação da etiqueta para o posto subsequente permitiu suavizar essa sobrecarga e ainda reduzir o tempo associado à montagem de uma peça (TC), tal como esquematizado na Figura 76.

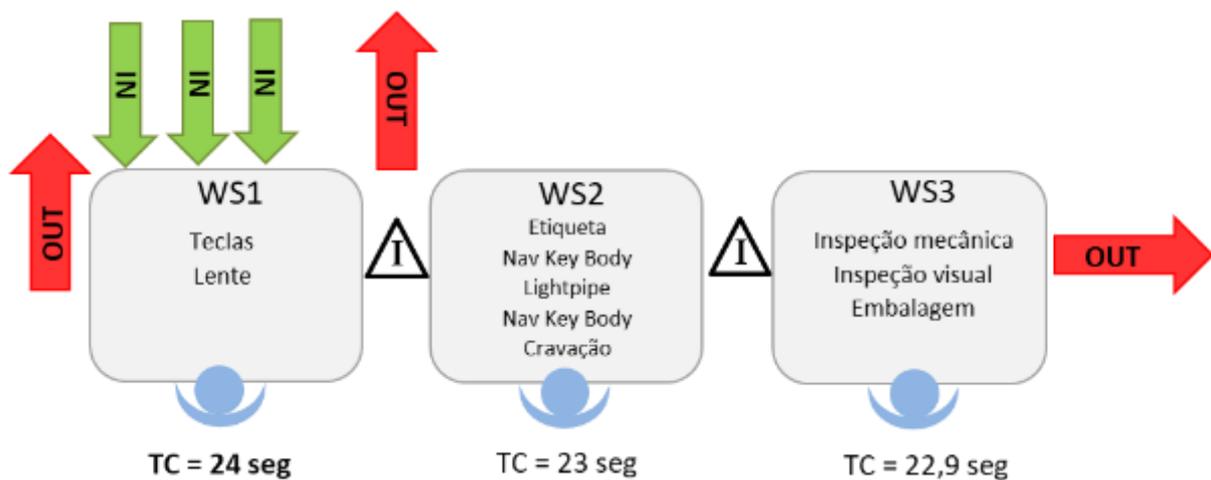


Figura 76 Esquematização do estado final linha de montagem final de A

Na Tabela 11, é apresentado o TC inicial e final esperado com a alteração e o aumento de capacidade, cerca de 8,53%, caso o volume de produção permitisse dedicar o tempo disponível de uma linha à produção de A (7,7 horas por turno).

Tabela 11 Alteração de capacidade da linha de montagem final de A

	Inicial	Final
TC	26,1	24,05
Produção teórica turno	1062	1153
Alteração de capacidade		8,53%

Os 2,05 segundos ganhos com a alteração do TC, permite uma poupança diária de 8,27€ que no final do ano perfaz 1 984,27€, tal como mostra a Tabela 12.

Tabela 12 Resultado da alteração do TC do produto A

Resultado da Proposta	
Diferença TC	2,05 segundos
Produção média diária	407 peças
Custo secção/segundo	0,0033 €
Colaboradores/Linha	3
Poupança diária	8,27 €
Poupança ano	1 984,27 €

As modificações descritas e a redistribuição do conteúdo de trabalho no processo produtivo de A totalizam uma poupança no ano corrente de 3 940,73€.

6.2 Otimização do processo de injeção das peças do produto A

A alteração do *software* referida na seção anterior que permite a colocação das peças devidamente separadas na máquina de injeção, foi implementada na máquina 2 com o intuito de reduzir o impacto no OE da secção. Posteriormente, será executada a alteração também para a máquina 3 com o objetivo de reduzir as danificações existentes nas teclas responsáveis por *scrap* nas seções subsequentes (pintura e montagem final).

As paragens anteriormente efetuadas para a distribuição das peças nas caixas e para a reposição das mesmas no tapete implicavam a realização de 9 interrupções diárias de 5 minutos contabilizando 2 672 segundos. Considerando um custo da secção de injeção que engloba custos energéticos e custos associados a mão de obra de cerca de 0,0033€ por segundo, aproximadamente 8,82€ eram custos associados às paragens e ao reiniciar da máquina. Num total de 48 semanas com 5 dias úteis, correspondem a uma poupança de 2 116,13€, dados sintetizados na Tabela 13.

Tabela 13 Resultado da otimização do processo de injeção na máquina 2

Resultado da Proposta	
Tempo total de paragem/dia	45 minutos
Custo secção/segundo	0,0033 €
Poupança diária	8,82 €
Poupança ano	2 116,13 €

Por outro lado, a instalação deste sistema na máquina de injeção 3 afeta à produção de teclas do produto A prevê não só a redução do tempo indisponível de máquina bem como a diminuição da quantidade de danificações. Sendo 480 segundos diários o tempo de produção ineficiente que danifica 1% das teclas injetadas, e considerando o custo de secção por segundo apresentado na Tabela 14, conclui-se que 1,58€ é o custo associado a essa lacuna do processo que representa sensivelmente 380,16€ no final do ano de 2017.

Tabela 14 Resultado da otimização do processo de injeção na máquina 3

Resultado da Proposta	
Tempo diário produção ineficiente	480 segundos
Custo secção/segundo	0,0033 €
Poupança diária	1,58 €
Poupança ano	380,16 €

Resumidamente, a implementação do software modificado nas duas máquinas de injeção que evita a necessidade de paragens e reduz a probabilidade de ocorrência de danificações perfaz uma economia de 2 496,29 € no ano vigente.

6.3 Otimização do processo de montagem do produto B

A implementação de uma prensa automática que surgiu da necessidade de eliminação de riscos ergonómicos, de estabilidade do processo e de otimização do mesmo, substituiu a inicial prensa manual. De facto, para além da extinção de fatores de risco associados à atuação manual repetitiva da prensa a automatização do processo contribuiu igualmente para a redução do tempo necessário para a execução de uma peça, determinado pelo conteúdo de trabalho do segundo posto. Inicialmente de 21,4 segundos, o tempo de ciclo foi reduzido em 1 segundos por peça resultando num TC de 20,4 segundos, tal como apresenta o esquema da Figura 77. Considerando a existência de 18 minutos por turno de pausas, o tempo disponível de produção é 7,7 horas por turno que totalizam 27720 segundos. Assim, considerando o TC anterior e posterior à implementação da prensa automática e o tempo disponível de produção verificou-se um aumento de capacidade de produção em 4,90%.

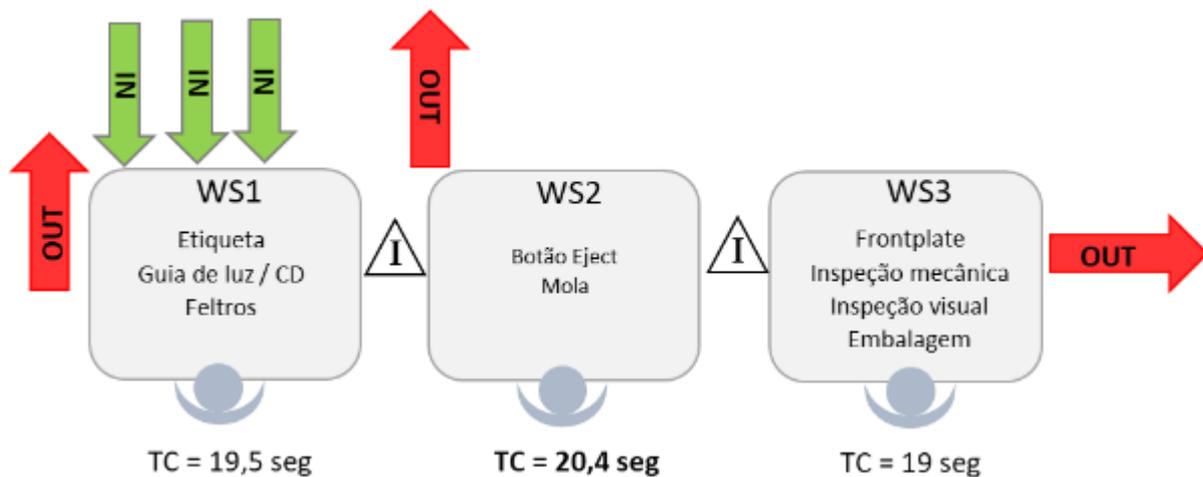


Figura 77 Esquematização do estado final da linha de montagem final de B

Este aumento de capacidade produtiva, permitiu alterar a produção inicial de 1295 blendas por cada linha para uma quantidade superior de 1359 blendas. Uma vez que a produção de B é efetuada em 2 linhas em cada turno, a totalidade de linhas de montagem dedicadas a B perfazem 4 linhas por dia cuja produção ascende a 5200 blendas. O impacto da alteração efetuada é visível na Tabela 15 comprovada na nova SWCT disponível no Anexo IV – SWCT - Produto B.

Tabela 15 Alteração de capacidade da linha de montagem final de B

	Inicial	Final
TC	21,4	20,4
Produção média diária/linha	1295	1359
Alteração de capacidade	4,90 %	

Dado que são necessários 3 colaboradores por linha na produção de B e o custo a eles associado é 0,0033€ por segundo, a redução de 1 segundos em cada peça do volume diário permite uma poupança de 205,92 € diários. Considerando um ano produtivo de 240 dias úteis, após um investimento inicial de 15000€ pelos dois equipamentos, em termos monetários regista-se uma poupança no ano de aproximadamente 49 420,80 €. A síntese dos resultados obtidos encontra-se na Tabela 16Tabela 16.

Tabela 16 Resultado da alteração do TC do produto B

Resultado da Proposta	
Diferença TC	1 segundo
Tempo disponível dia	7,7 horas
Linhas Produto B	4
Colaboradores/Linha	3
Custo secção/segundo	0,0033 €
Poupança diária	205,92 €
Poupança ano	49 420,80 €

Após a alteração simultânea das rampas, com a eliminação de todos os transportes e *handlings* necessários para o reabastecimento de caixas com chapas dissipadoras, foi possível também a eliminação dos 425 segundos de paragem por linha dedicados a essa operação. Com isto, e tendo em conta que cada interrupção implica a paragem dos 3 colaboradores da linha de montagem de custo 0,0033€ por segundo, é possível uma poupança de 16,83€ por dia na totalidade das 4 linhas que ascende a 4 039,20€ por ano.

Apesar da implementação das prensas automáticas ocorrer nas 2 linhas dedicadas à montagem do produto B, existe um produto C que requer a montagem de uma *frontplate* cujo volume não justifica o investimento na automatização do processo. No entanto, foi introduzida uma rampa semelhante com o objetivo de eliminar a necessidade de movimentações e transportes que ocorria 10 vezes ao dia resultando que, seguindo os pressupostos atrás descritos, permite uma poupança de 594€ no final do ano corrente.

A totalidade de ganhos relativos à implementação da prensa automática e criação de rampas de acesso a material nas 3 linhas de montagem encontra-se apresentado na Tabela 17 representando 54 054,00 € aproximadamente.

Tabela 17 Resultado da otimização do processo produtivo de B

Resultado das propostas	
Poupança total diária	225,22 €
Poupança total ano	54 054,00 €

6.4 Eliminação de tarefas sem valor acrescentado

O sistema *Lean Production* visa a otimização da cadeia de valor eliminando para tal atividades sem valor acrescentado. Como referido anteriormente, na alocação de produto acabado *brackets* era visível a existência das mesmas realizadas tanto pelo colaborador de injeção como pelo colaborador PC&L que impedia a execução de tarefas de abastecimento de material às outras secções e realização de *changeovers*, nomeadamente na montagem final. A proposta que visa a eliminação dessas actividades permitiu suspender a colocação da OP e a sua leitura por parte do colaborador da injeção antes da cravação. A leitura e retirada da mesma por parte do colaborador PC&L após esse processo foi também eliminada. Isto foi possível com o recurso ao *software* de embalagem através do qual foi possível a transferência de material entre depósitos durante o processo de cravação. Se outrora o colaborador de injeção dispndia cerca de 608 segundos nas tarefas descritas na Tabela 18, com a alteração essas foram excluídas sendo apenas realizadas actividades referentes à alocação do PA. Assim, o colaborador PC&L dedica 0.5 horas por dia na alocação do produto e transferência do mesmo para o cliente, tempo inferior às 0.98 horas consumidas inicialmente.

Tabela 18 Tempos de realização de tarefas realizadas pelo colaborador de injeção e PC&L após alteração

Tarefas	Resultado da Proposta	
	Injeção	PC&L
Colocar Etiqueta/Caixa	-	-
Retirar Etiqueta/Caixa	-	-
Leituras	-	1
Tempo leitura/palete	-	160 segundos
Tempo alocação/palete	-	140 segundos
Tempo total/dia	-	1800 segundos
Tempo total/dia	-	0,5 horas

Desta forma, verifica-se uma redução de 75% do tempo total dedicado à produção e alocação das *brackets*, diferença de 5376 segundos comparativamente ao método inicial. Atendendo a que o custo de seção corresponde a 0,0033€ por cada segundo, a poupança registada será de 17,74€ por dia que na totalidade dos 240 dias uteis perfazem 4 257,79€.

A Tabela 19 apresenta resumidamente os valores monetários envolvidos na implementação da proposta.

Tabela 19 Resultado da eliminação de tarefas sem valor acrescentado

Resultado da Proposta	
Diferença tempo	5376 segundos
Custo secção/segundo	0,0033 €
Poupança diária	17,74 €
Poupança ano	4 257,79 €

6.5 Melhoria de OE da secção de pintura

A proposta de melhoria que abrange a secção de pintura com o intuito de reduzir perdas de eficiência que possam impedir a progressão do processo de montagem, sugere a implementação de um sensor para deteção da peça e aplicação da técnica SMED no qual se verifica uma melhoria das atividades internas de *setup*.

Consumindo cerca de 80 minutos diários distribuídos por 2 máquinas de tampografia, a eliminação do tempo despendido na pressão do pedal a cada peça com a implementação de sensores que detetem a presença da peça na base permite economizar 15,84€ diários. Este valor resulta na factorização desse tempo pelo custo de secção de 0,0033€ por segundo, que no ano corrente corresponde a 3 801,60€ de poupança. Na Tabela 20, encontram-se resumidos os valores económicos alcançáveis com a instalação dos sensores.

Tabela 20 Resultado da proposta de implementação de sensores

Resultado da Proposta	
Tempo gasto/dia	80 minutos
Custo secção/segundo	0,0033 €
Poupança diária	15,84 €
Poupança ano	3 801,60€

Outra das propostas que engloba a melhoria da eficiência do processo de *Pad Print*, é a melhoria das atividades de *setup* executadas antes do arranque de produção diário. Como constatado na secção 4.6, o início da produção nas 3 máquinas existentes ocorria 140 minutos após o começo do dia produtivo sendo que foi possível uma redução de 25% desse tempo (35 minutos). Esta diminuição de tempo foi possível devido ao planeamento e partilha das operações internas realizadas pelos colaboradores que diminui o desfasamento verificado inicialmente. Considerando o custo de secção referido anteriormente, a poupança diária atinge os 6,93€ que equivale a 1 663,20€ no final do ano de 2017. Os valores referenciados encontram-se presentes na Tabela 21.

Tabela 21 Resultado da proposta de partilha de atividades de setup

Resultado da Proposta	
Diferença	35 minutos
Custo secção/segundo	0,0033 €
Poupança diária	6,93 €
Poupança ano	1 663,20 €

A aplicação da técnica 5S potenciou uma transformação do armazenamento das ferramentas utilizadas na tampografia que contribuiu para a redução de problemas de qualidade e acelera o processo de *changeover*, favorecendo igualmente a eficiência da área em questão. Na Figura 78a e Figura 78b, é visível as modificações efetuadas antes e após a intervenção, respetivamente.



(a)



(b)

Figura 78 Armazenamento de ferramentas de Pad print antes (a) e depois (b) da implementação 5S

6.6 Eliminação de movimentações desnecessárias

O supermercado de peças injetadas foi alvo de modificações referidas na seção anterior cujo objetivo primordial era reduzir os problemas associados à procura, recolha e alocação de material e conseqüentemente, diminuir o tempo necessário a essas tarefas.

A alteração passou pela reorganização do material, por produto e de forma visual, que trouxe vantagens na rapidez de procura e *housekeeping* e pelo desenvolvimento de uma *WI* que permitiu criar *standards* para o cumprimento do conceito FIFO.

Para além disto, verificou-se uma modificação no armazenamento dos guias de CD e guias de luz que inicialmente eram armazenadas no supermercado e passaram a ser colocados em paletes transportadas apenas após o preenchimento total da mesma após injeção. Na tabela seguinte (Tabela 22) encontram-se discriminados os valores relativos aos benefícios para a

secção de injeção. O tempo total gasto pelo colaborador da injeção que inicialmente transportava e aloca as caixas ao longo do turno era de 0,7 horas por dia, pelo que a alteração, considerando os 240 dias úteis e o custo de secção de 0,0033€ por segundo, permite uma poupança de 1 985,54€ findo o ano vigente.

Tabela 22 Resultado da proposta para colaborador injeção

Resultado da Proposta	
Tempo total gasto dia	0,7 horas
Custo secção/segundo	0,0033 €
Poupança diária	8,27 €
Poupança ano	1 985,54 €

Esta mesma alteração, permite igualmente uma redução do tempo de rota efetuado para o reabastecimento das linhas de montagem, sendo a diferença entre o tempo anterior e posterior de 1378 segundos reflexo de uma poupança diária de 4,55€ (considerando 0.0033€ por segundo como o custo de secção) perfazendo 1 091,38€ no ano de 2017.

Os valores referidos encontram-se sintetizados na Tabela 23, sendo que na Tabela 24 são apresentados os benefícios monetários da mudança para a organização, contabilizando a eliminação de movimentações e transportes do colaborador da injeção e redução dos mesmos efetuados pelo operador responsável pela rota de abastecimento às linhas de montagem.

Tabela 23 Resultado da proposta para colaborador Operations

Resultado da Proposta	
Diferença/dia	1378 segundos
Custo secção/segundo	0,0033 €
Poupança diária	4,55 €
Poupança ano	1 091,38 €

Tabela 24 Resultado da eliminação das movimentações desnecessárias para a organização

Resultado da Proposta	
Poupança diária	12,82 €
Poupança ano	3 076,92 €

6.7 Maior controlo do processo produtivo e dos KPI

O *Cell/Line Glass Wall Document Board* que permite uma monitorização do desempenho diário e mensal do sistema produtivo é o suporte das reuniões diárias efectuadas na área dos plásticos. No entanto, devido à falta de planeamento e sequência da mesma, à insuficiente organização visual do quadro e à ausência de alguns indicadores, a reunião tornava-se improdutiva, reduzindo a sua essência de controlo, deteção e resolução de problemas. Assim, surgiu a necessidade de aperfeiçoamento do *Cell/Line Glass Wall Document Board*.

Com a proposta de alteração do mesmo, referida na secção 5.7, as métricas que refletem o desempenho do sistema foram incluídas em secções seguindo a já existente abordagem S-Q-V-C. Desta forma, foi possível uma separação clara dos KPI's na secção *Safety* (Incidentes), *Quality* (Ausências, FTQ, Contenções), *Volume* (OE, BDR, *Changeover*, Dias de *stock*) e *Cost* (*Scrap*) e conseqüentemente, a análise, avaliação e controlo do mesmo tornou-se mais eficaz. Assim, o suporte de informação relevante para a reunião cujos principais elementos são os indicadores e o plano de ações de melhoria, aliado ao princípio *Kaizen* de gestão visual, permite tornar o trabalho em equipa mais eficiente e produtivo cujo resultado será uma busca por ações concretas de melhoria contínua do processo despoletada por discrepâncias entre o valor do KPI e o target definido.

Para além da atualização do suporte de informação, a restrição de intervenientes e estruturação da reunião diária permitiu uma melhoria de comunicação, redução do tempo dedicado à exposição das métricas e destaque e promoção de rápidas tomadas de decisão. No entanto, é necessário ter em consideração que o sucesso da reunião depende do seu planeamento prévio e das informações precisas e assertivas apresentadas sempre com a premissa de que a disciplina é o fator chave para a produtividade mesma.

6.8 Maior organização de dispositivos after sales

A implementação da técnica 5S no armazenamento dos dispositivos permitiu reduzir a desorganização inicial e garantir uma limpeza mais eficaz dos mesmos. Os dispositivos (laser, montagem, cravação e inspeção) foram agrupados pelo produto a que se destinam e colocados num local específico e identificado para o mesmo. Para além de contribuir para uma vida útil do dispositivo mais alargada, a colocação dos dispositivos em armários facilita a procura dos equipamentos quando necessários, aumenta a rapidez e eficácia da mudança de linha (*changeover*) para a produção de *After-Sales* e melhora a apresentação das ferramentas no *shopfloor*. Nas Figura 79a e Figura 79b, encontra-se o armazenamento inicial e posterior à implementação da técnica 5S, respetivamente.



(a)



(b)

Figura 79 Armazenamento dos dispositivos *After-Sales* antes (a) e depois (b) da implementação 5S

A aplicação da técnica 5S requer o envolvimento de todos os colaboradores que tenham acesso a estas ferramentas para que a longo prazo os hábitos de arrumação e limpeza se mantenham e seja possível preservar os equipamentos de trabalho.

6.9 Síntese dos problemas, propostas de melhoria e resultados esperados

De modo a sintetizar todas os problemas, propostas de melhoria e os resultados esperados referidos nos capítulos 4,5 e 6, apresenta-se um resumo dos mesmos na Tabela 25.

Tabela 25 Resumo dos problemas identificados, propostas de melhoria e resultados

Problema	Proposta de melhoria e resultado
Ineficiências no processo produtivo de A	<ul style="list-style-type: none"> - Revestimento da estante de armazenamento; - Alterações físicas na linha de montagem; - Alteração do Standard Work na montagem; - Implementação de um equipamento de controlo de defeitos na lente; - Alteração do conteúdo de trabalho na linha de montagem; - Transferência do scanner exterior do equipamento de teste para o interior do mesmo; - Alteração do software responsável pelo processo de injeção de peças <p>Melhoria Scrap Montagem fianl: 9,5 % por mês Melhoria FTQ riscos: 20,46% Redução de TC: 2,05 segundos Aumento capacidade: 8,53 % Poupança ano: 3 940,73 €</p>
Ineficiências na injeção de teclas do produto A	<ul style="list-style-type: none"> - Modificação do software da máquina 2 e introdução do mesmo na máquina 3 <p><u>Máquina 3:</u> Redução de danificações Poupança diária: 8,82 € Poupança ano: 2 116,13 €</p> <p><u>Máquina 2:</u> Eliminação da necessidade de paragem Poupança diária: 1,58 € Poupança ano: 380,16 €</p>
Ineficiências no processo produtivo de B	<ul style="list-style-type: none"> - Implementação de uma prensa automática - Introdução de rampas de entrada de material em 3 linhas de montagem <p>Eliminação de problemas ergonómicos Eliminação da movimentação e transporte de material Redução do TC: 1 segundo Aumento capacidade: 4,90 % Poupança diária: 225,22 € Poupança ano: 54 054,00 €</p>
Existência de actividades sem valor acrescentado	<ul style="list-style-type: none"> - Alteração de software embalagem para execução de transferências entre depósitos <p>Eliminação de operações de leitura de OPs Redução de tempo: 75% Poupança diária: 17,74 € Poupança ano: 4 257,79 €</p>
Ineficiências associadas ao abastecimento de materiais ao supermercado de pintura	<ul style="list-style-type: none"> - Implementação de sensores nas máquinas de tampografia para deteção de peças e posterior arranque da máquina - Planeamento e sequenciamento das actividades de setup no início do dia, através da partilha das operações entre os colaboradores <p>Eliminação do pedal Redução do TC: 1 segundo Poupança diária: 15,84 € Poupança ano: 3 801,60 €</p> <p>Eliminação do desfazamento entre operações de setup Redução de tempo: 25% Poupança diária: 6,93 € Poupança ano: 1 663,20 €</p>
Ineficiências associadas ao abastecimento de materiais ao supermercado de injeção	<ul style="list-style-type: none"> - Organização do material por produto e de forma visual no supermercado de peças injectadas - Transferência dos guias de CD e guias de luz empregues no produto B para um armazenamento em paletes <p>Eliminação de movimentações e transportes Poupança diária: 12,82 € Poupança ano: 3 076,92 €</p>
Falta de controlo dos KPI's e inexistência de planeamento da reunião diária	<ul style="list-style-type: none"> - Proposta de um novo <i>Glass Wall Document Board</i> - Definição de novas métricas (KPI's) - Planeamento da reunião diária dos plásticos - Definição dos intervenientes e restrição de tempo de intervenção - Restrição de tempo de intervenção
Inexistência de um plano de rotatividade	<ul style="list-style-type: none"> - Definição de um novo plano de rotatividade entre postos de trabalho tendo em conta factores ergonómicos, organizacionais e individuais
Desorganização dos dispositivos <i>After-Sales</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Levantamento, recolha, limpeza, identificação, organização e armazenamento de dispositivos <i>After-Sales</i>

7. CONCLUSÃO

Neste último capítulo são apresentadas conclusões finais relativas ao projecto desenvolvido na *Delphi Automotive Systems* – Portugal S.A. e propostos trabalhos futuros que possam ser desenvolvidos na organização.

7.1 Considerações finais

Findo o projeto desenvolvido na *Delphi Automotive Systems* cujo objetivo consistia no aumento de eficiência dos processos de montagem final da área dos plásticos, pode concluir-se que a aplicação de ferramentas *Lean* tornou-se preponderante para a redução de desperdícios existentes nesses processos.

Numa primeira fase e com o intuito de identificar os principais problemas foi desenvolvida uma análise e diagnóstico para compreender todo o processo produtivo e identificar os principais motivos que implicavam a paragem das linhas de montagem. Posto isto, e reconhecendo os problemas de qualidade e as conseqüentes dúvidas dos colaboradores, o tempo dedicado a *changeovers*, avarias e faltas de material como as principais causas para tais paragens, foram identificadas potenciais melhorias.

Os problemas de qualidade incidiam sobre o produto A cujos riscos e danificações representavam 8% da produção mensal e implicavam um impacto de 1,64% no OE da seção. Para redução do refugo inerente ao produto A e melhoria da qualidade do produto acabado, foco da organização em questão, foram introduzidas melhorias na linha de montagem do mesmo, armazenamento WIP e modificações no processo de injeção dos seus constituintes. Para além disso, a linha de montagem dedicada à produção de A foi rebalanceada com o intuito de distribuir uniformemente o conteúdo de trabalho.

O estudo do processo de injeção das teclas empregues no produto A potenciou também a melhoria das atividades de substituição de embalagem que, devido à paragem necessária inicialmente, causava um impacto de 0,39% no OE da área de injeção.

Uma vez analisada a eficiência das linhas de montagem, a instalação de uma prensa automática na montagem do produto B e a implementação de acessos fáceis a materiais possibilitou também um acréscimo de capacidade de produção em 4,9% e eliminação de movimentações e transportes para autoabastecimento.

Sendo outro dos problemas identificados a interrupção da produção devido a tempo dedicado a *changeovers*, foi fundamental a análise e eliminação de atividades realizadas pelo colaborador PC&L que impediriam a realização dos mesmos e que, do ponto de vista do cliente, não acrescentam valor ao produto.

A análise dos processos anteriores à montagem final que poderiam afetar o desempenho devido a falta de material foram igualmente alvo de diagnóstico que revelou problemas na realização das operações internas de *setup na tampografia*, a necessidade de automatização do arranque do processo, a desorganização do material proveniente do supermercado de injeção e a necessidade de deslocações excessivas no abastecimento de material aplicado no produto B.

Uma vez que não se pode melhorar algo que não se controla, as medidas de desempenho e a sua exposição foram outro dos tópicos abordados ao longo do projeto no qual resultou uma proposta de um novo “*Cell/Line Glass Wall Document Board*” que ilustra o desempenho atual do sistema a toda a organização potenciando novas ações de melhoria.

A inexistência de um plano de rotatividade entre postos de trabalho que afetava a performance do colaborador, e conseqüentemente o desempenho do sistema produtivo, foi outro dos problemas identificados atenuado com a definição e implementação de um plano de rotatividade.

Todas as organizações *Lean* que pretendam criar uma cultura de disciplina, identificar problemas e gerar oportunidades para melhorias devem reger-se pela prática de 5S. Deste modo, ao longo de todo o projeto foram aplicadas metodologias de organização, limpeza e normalização, revistas no armazenamento dos dispositivos *After-Sales*, por exemplo.

No capítulo 6, é possível comprovar os benefícios deste projeto no qual as poupanças diárias ascendem a 305,38€ perfazendo uma poupança estimada de 73 290,53€ no final do ano vigente.

Em suma, o projeto de dissertação permitiu reduzir as principais ineficiências e as suas potenciais causas com aplicação dos princípios *Lean* que visam a eliminação de desperdícios.

7.2 Trabalho Futuro

Uma vez que a organização se rege por uma filosofia *Lean* de contínua aprendizagem e melhoria dos processos, e devido à limitação de tempo e recursos, sugerem-se tópicos que podem ser abordados num trabalho futuro, entre os quais:

a) **Medidas relativas ao abastecimento das linhas de montagem**

Aquando da realização do projeto, onde foram aplicadas ferramentas de gestão visual para monitorização da produção referidas na seção 5.8, verificou-se a possibilidade de criação de manifestos que especifiquem a quantidade de produção, os materiais empregues no mesmo, a linha de produção destinada e os equipamentos necessários. Sugere-se, então, a criação e implementação dos mesmos para facilitar o abastecimento às linhas de montagem e melhorar a eficiência das mesmas.

b) **Implementação de pontos de lançamento de produção**

Durante o período de análise e diagnóstico, constatou-se lacunas no cálculo do OE da área dos plásticos, que contabiliza as peças produzidas em relação à produção teórica. Isto porque se verifica a inexistência de pontos de lançamento de produção. Deste modo, a criação de pontos de lançamento de produção no processo de tampografia e cravação poderá ser um dos passos seguintes ao trabalho desenvolvido.

c) **Adoção de uma prática de *benchmarking***

O plano de rotatividade implementado possui um problema de monitorização e rastreabilidade devido à inexistência de controlo das pessoas em cada posto. Num trabalho futuro, sugere-se a adoção da técnica de *benchmarking* interno de modo a avaliar a identificação automática do operador presente nos postos de montagem.

Outra das práticas existentes no edifício dos componentes eletrónicas que apresenta viabilidade no edifício dos plásticos, é a impressão de etiquetas imediatamente anterior à sua colocação nas blendas. Este procedimento permite uma colagem da mesma de forma mais eficaz e, devido ao investimento requerido e à variação da forma das etiquetas, deve ser um mecanismo avaliado e ponderado no futuro.

Intervenções neste sentido deverão traduzir-se em ganhos de eficiência e melhoria do desempenho do sistema produtivo.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-Tahat, M. D., & Jalham, I. S. (2015). A structural equation model and a statistical investigation of lean-based quality and productivity improvement. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 26(3), 571–583. <https://doi.org/10.1007/s10845-013-0816-0>
- Alves, J. R. X., & Alves, J. M. (2015). Production management model integrating the principles of lean manufacturing and sustainability supported by the cultural transformation of a company. *International Journal of Production Research*, 53(17), 5320–5333. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1033032>
- Andersson, C., & Bellgran, M. (2015). On the complexity of using performance measures: Enhancing sustained production improvement capability by combining OEE and productivity. *Journal of Manufacturing Systems*, 35, 144–154. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2014.12.003>
- Angelis, J., Conti, R., Cooper, C., & Gill, C. (2011). Building a high commitment lean culture. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 22(5), 569–586. <https://doi.org/10.1108/17410381111134446>
- Antonio, J., & Antunes, V. (2001). Takt-time: conceitos e contextualização dentro do sistema toyota de produção, 8(1), 1–18. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2001000100002>
- Arezes, P. M., & Dinis-carvalho, J. (2010). Threats and Opportunities for Workplace Ergonomics in Lean Environments. *17th International Annual EurOMA Conference - Managing Operations in Service Economics*, 1–10.
- Arunagiri, P., & Gnanavelbabu, A. (2014). Identification of High Impact Lean Production Tools in Automobile Industries using Weighted Average Method. *Procedia Engineering*, 97, 2072–2080. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.450>
- Avison, D. E., Lau, F., Myers, M. D., & Nielsen, P. A. (1999). Action research. *Communications of the ACM*, 42(1), 94–97. <https://doi.org/10.1145/291469.291479>
- Azizi, N., Zolfaghari, S., & Liang, M. (2010). Modeling job rotation in manufacturing systems: The study of employee's boredom and skill variations. *International Journal of Production Economics*, 123(1), 69–85. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.07.010>
- Bassuk, J. A., & Washington, I. M. (2013). The A3 Problem Solving Report : A 10-Step Scientific Method to Execute Performance Improvements in an Academic Research Vivarium,

- 8(10), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076833>
- Bell, S. (2005). *Lean Enterprise Systems: Using IT for Continuous Improvement*. *Lean Enterprise Systems: Using IT for Continuous Improvement*. <https://doi.org/10.1002/0471756466>
- Bell, S., & Orzen, M. (2011). *Enabling and Sustaining Your Lean Transformation*. Director.
- Brown, M. (2017). Top Five Lean Manufacturing Techniques to Improve Quality. Retrieved March 29, 2017, from <https://txm.com.au/blog/top-five-lean-manufacturing-techniques-to-improve-quality>
- Citeve. (2012). Ferramenta de Desenvolvimento e aplicação do Lean Thinking no STV.
- Costa, E. S. M. da, Sousa, R. M., Bragança, S., & Alves, A. C. (2013). An industrial application of the SMED methodology and other lean production tools. *4th International Conference on Integrity, Reliability and Failure of Mechanical Systems*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.13140/2.1.2099.5525>
- Coughlan, P., & Coughlan, D. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(1995), 220–240. <https://doi.org/10.1108/01443570210417515>
- David, N. (2014). Going lean. *Australian Journal of Pharmacy*, 95(1124), 42–46.
- Dennis, P. (2007). *Lean Production Simplified*. New York.
- Feld, W. (2001). *Lean manufacturing: tools, techniques, and how to use them*. Vasa.
- Feng, P. P., & Ballard, G. (2008). Standard work from a lean theory perspective. *Proceedings of IGLC16: 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 703–712.
- Filip, F. C., & Marascu-Klein, V. (2015). The 5S lean method as a tool of industrial management performances. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 95(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/95/1/012127>
- Hackman, J. R., & Oldham, G. R. (1975). Development of the Job Diagnostic Survey. *Journal of Applied Psychology*, 60(2), 159–170. <https://doi.org/10.1037/h0076546>
- Hines, P., Holweg, M., Rich, N., Hines, P., Holweg, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. <https://doi.org/10.1108/01443570410558049>
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*, 17(1), 46–64. <https://doi.org/10.1108/01443579710157989>

- Hirano, H. (2009). *JIT Implementation Manual: The Complete Guide to Just-in-Time Manufacturing*.
- Hodge, G. L., Ross, K. G., Joines, J. A., Thoney, K., Hodge, G. L., Ross, K. G., ... Thoney, K. (2017). Adapting lean manufacturing principles to the textile industry, 7287(January). <https://doi.org/10.1080/09537287.2010.498577>
- 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>
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2004). To Pull or Not to Pull: What Is the Question? *Manufacturing & Service Operations Management*, 6(2), 133–148. <https://doi.org/10.1287/msom.1030.0028>
- Hrivnak, M. (2008). Lean Quote: A Simple Quote...an Important Idea... | Matt Hrivnak. Retrieved March 21, 2017, from <http://matthrivnak.com/2008/03/19/a-simple-quotean-important-idea/>
- Hutton, R. (1995). Perspectives Benchmarking : a process-driven tool for quality improvement. *The TQM Magazine*, 7(3), 35–40. <https://doi.org/10.1108/09544789510087742>
- Jorgensen, M., Davis, K., Kotowski, S., Aedla, P., & Dunning, K. (2005). Characteristics of job rotation in the Midwest US manufacturing sector. *Ergonomics*, 48(15), 1721–33. <https://doi.org/10.1080/00140130500247545>
- Kosaka, G., & Kishida, M. (2012). Implementing Standardized Work at ThyssenKrupp in Brazil. Retrieved April 10, 2017, from <https://www.lean.org/common/display/?o=2188>
- Kumar, S. A., & Suresh, N. (2008). *Production and Operations Management: With Skill Development, Caselets and Cases*.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles From The World's Greatest Manufacturer*. *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5–20. <https://doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002>
- Lowrie, N. (2015). Implementing Lean - First Steps, Learning to see waste. Retrieved March 11, 2017, from <https://www.finelineautomation.com/articles/2015/4/14/implementing-lean-first-steps-learning-to-see-waste>

- Mann, D. W. (2014). *Creating a Lean Culture*. New York: Productivity Press.
- Mathiassen, S. E. (2006). Diversity and variation in biomechanical exposure: What is it, and why would we like to know? *Applied Ergonomics*, 37(4 SPEC. ISS.), 419–427. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2006.04.006>
- Matsuo, M., & Nakahara, J. (2013). The effects of the PDCA cycle and OJT on workplace learning. *The International Journal of Human Resource Management*, 24(1), 195–207. <https://doi.org/10.1080/09585192.2012.674961>
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Monden, Y. (1983). *Toyota production system*. Atlanta, G.A.
- Monden, Y. (2012). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time*.
- Moreira, F., Alves, A. C., & Sousa, R. M. (2010). Towards eco-efficient lean production systems. *Balanced Automation Systems for Future Manufacturing Networks*, 100–108. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14341-0_12
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517–3535. <https://doi.org/10.1080/00207540601142645>
- Nakagawa, M. (2016). Ferramenta: 5W2H – Plano de ação para empreendedores. Retrieved from http://cms-emprendenda.s3.amazonaws.com/emprendenda/files_static/arquivos/2014/07/01/5W2H.pdf
- O'Brien, R. (1998). An overview of the methodological approach of action research. *Faculty of Information Studies: University of Toronto*, 1–15.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press. <https://doi.org/10.1108/eb054703>
- Ortiz, C. A. (2006). *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*. <https://doi.org/10.1073/pnas.0703993104>
- Padula, R. S., Comper, M. L. C., Sparer, E. H., & Dennerlein, J. T. (2017). Job rotation designed to prevent musculoskeletal disorders and control risk in manufacturing industries: A

- systematic review. *Applied Ergonomics*, 58(January), 386–397.
<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.07.018>
- Pałucha, K. (2012). World Class Manufacturing model in production management. *International Scientific Journal*, 58(2), 227–234. Retrieved from http://www.archivesmse.org/vol58_2/58221.pdf
- Panwar, A., Nepal, B. P., Jain, R., & Rathore, A. P. S. (2015). On the adoption of lean manufacturing principles in process industries. *Production Planning & Control*, 26(7), 564–587. <https://doi.org/10.1080/09537287.2014.936532>
- Parker, S. K., Wall, T. D. T. D., & Cordery, J. L. J. L. (2001). Future work design research and practice: Towards an elaborated model of work design. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 74(4), 413–440. <https://doi.org/10.1348/096317901167460>
- Peinado, J., & Graemi, A. R. (2007). Administração da produção: operações industriais e de serviços. *UnicenP*, 748.
- Pereira, C. (2010). *Lean Manufacturing - Aplicação do conceito a células de trabalho*. Universidade da Beira Interior.
- Pinto, J. P. (2008). Lean Thinking: Introdução ao pensamento magro. *Comunidade Lean Thinking*.
- Pinto, J. P. (2014). Introdução ao pensamento lean. *Pensamento Lean - A Filosofia Das Organizações Vencedoras*.
- Prakash, D., & Kumar, S. (2011). Implementation of Lean Manufacturing Principles in Auto Industry. *Industrial Engineering Letters*, 1(1), 56–61.
- Pulat, B. M. (1994). Process Improvements through Benchmarking. *The TQM Magazine*, 6(2), 37–40. <https://doi.org/10.1108/09544789410054019>
- Redação Indústria Hoje. (2012). O Conceito do Sistema Just in Time. Retrieved April 22, 2017, from <http://www.industriahoje.com.br/o-conceito-do-sistema-just-in-time>
- Ruffa, S. A. (2015). *Going Lean. Aging* (Vol. 7). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Schur, J. B. (2016). The Cotton Gin. Retrieved March 4, 2017, from <https://www.archives.gov/education/lessons/cotton-gin-patent>
- 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>

- Shahin, A., & Mahbod, M. A. (2007). Prioritization of key performance indicators. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 56(3), 226–240. <https://doi.org/10.1108/17410400710731437>
- Shang, G., & Pheng, L. (2014). The Toyota Way model: an alternative framework for lean construction. *Total Quality Management & Business Excellence*, 25(5–6), 664–682. <https://doi.org/10.1080/14783363.2013.820022>
- Shingo, S. (1990). A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint. *Manufacturing Engineer*. Retrieved from <https://books.google.com/books?id=RKWU7WEIJ7oC&pgis=1>
- Sobek, D. K., & Jimmerson, C. (2016). A3 Reports : Tool for Process Improvement. *Dept. of Mechanical and Industrial Engineering*.
- Sokovic, M., Pavletic, D., & Pipan, K. (2010). Quality improvement methodologies–PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 43(1), 476–483. Retrieved from http://w.journalamme.org/papers_vol43_1/43155.pdf
- Stevenson, W. (2005). Operations management. *Operations Management*. Retrieved from <http://www.eng.uwi.tt/depts/mech/ugrad/courses/meng3006/Week09b.pdf>
- Strategos. (2016). A Brief History of Lean Manufacturing. Retrieved March 4, 2017, from http://www.strategosinc.com/just_in_time.htm
- 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., & Satheeshkumar, 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>
- Vamsi, N., Jasti, K., & Kodali, R. (2017). Lean production : literature review and trends. *International Journal of Production Research*, 7543(January), 1–19. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.937508>
- Wahab, A. N. A., Mukhtar, M., & Sulaiman, R. (2013). A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions. *Procedia Technology*, 11, 1292–1298.

<https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.327>

Weber, A., & Thomas, R. (2005). Key Performance Indicators - Measuring and Managing the Maintenance. *Ivara Work Smart*, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.04.008>

Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. McGraw-Hill. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking- Banish waste and create wealth in your corporation*. (Simon & Schuster, Eds.). New York.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. (Rawson Associates, Ed.). New York.

Worthington, D. (2001). *First Time Quality (FTQ) Improvement Process*.

ANEXO I – A3 PROBLEM SOLVING PRODUTO A

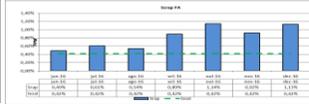
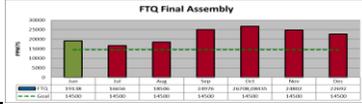
DELPHI	
Innovation for the Real World	
Approval	
Created by	Sara Fernandes
Last Update	07/jun/17

CI - Final Assembly

Original Approval Sign off				
Sara F.	P. Araújo			
08.01.2017				

C:\Users\laural\Desktop\Sara\Disertação - DELPHI - 2016\Disertação\Excel\A3-Resumo\A3_Line 4

1.0 Background



Values 2016 FA
FTQ = 20,592 ppm
OE = 94%
Scrap = 0,72%

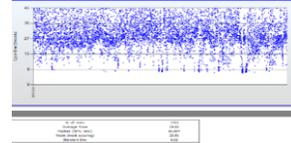
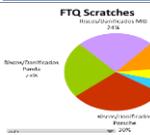
2.0 Current State Performance

FTQ scratches and damages (PPMs)

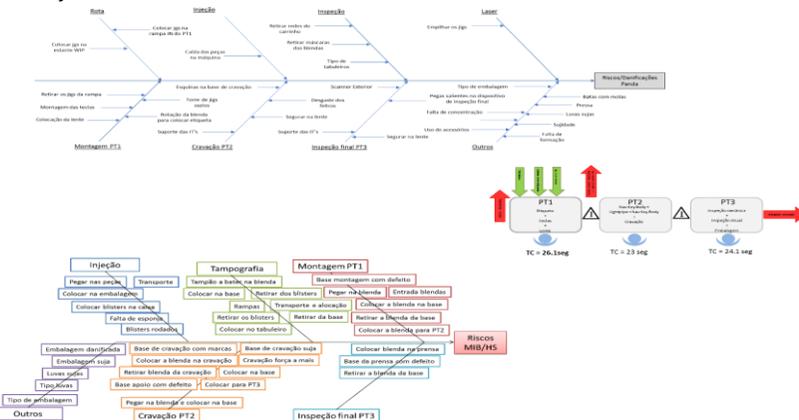
Line	Product	nov16	dec 16
5	Product E	24652	32680
1	Product D	25083	26218
4	Product A	72181	83087
2/3	Product B	6541	4898
4	Product C	17492	20688
4	Product F	54452	55556

Line	Product	nov16	dec 16	YEAR 16
5	Product E	294 €	234 €	1,998 €
1	Product D	1,860 €	2,124 €	12,767 €
4	Product A	973 €	1,154 €	6,426 €
2/3	Product B	1,114 €	848 €	9,977 €
4	Product C	375 €	288 €	3,740 €
4	Product F	332 €	32 €	3,247 €

← Only start on 4Q 2016



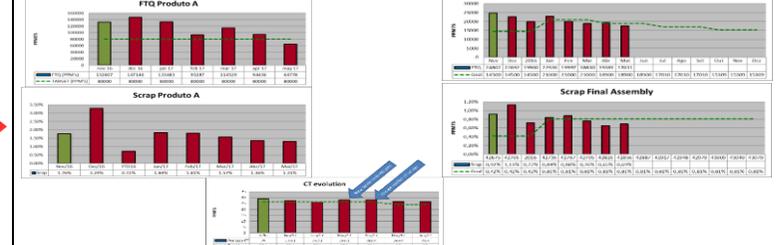
3.0 - Analysis



4.0 - Countermeasures Plan

Problem Description	Root cause	Action Plan	Original Target Date	Owner	Status	Comments
1. Scratches or damages on trimplates	Root cause identification	Check scratches or damages on trimplates before and after pad press/embossamento	16/06/2017	Sara F.	Δ	
2. Trimplates overlap	Too many trimplates on package and critical transport	Check the impact of alternative package	05/06/2017	Sara F.	O	
3. Damaged felts	Deficient maintenance	Check the impact of changing felts	06/06/2017	Sara F.	O	
4. Part damaged during heat-stake	Dirty features	Check changeover process (verify features state)	30/09/2017	S. Torres/S. Santos	Δ	
5. Damaged felts	Deficient Maintenance	Create a preventive maintenance plan	30/06/2017	S. Torres/S. Santos	Δ	
6. Placement of trimplate on press	Critical space between base and press	Test automatic press on assembly line 4	16/06/2017	S. Torres/S. Santos	Δ	
7. Put jigs on WP	Metalic parts on shelf	Set maximum height for jigs and protect metallic parts	20/12/2016	Sara F.	O	
8. Damaged buttons	Override buttons	Motify SW in order to remove and assemble buttons on trimplate from right to left	21/12/2016	Sara F.	O	
9. Crash between jigs and metallic support	Location of WI support	Change the location of work instructions	19/04/2017	Sara F.	O	
10. Crash between trimplate and jigs	Stacking of empty jigs	Change ramp "IN" on ramp "OUT"	20/04/2017	Sara F.	O	
11. Scratches on trimplates	Direction of jigs/scraps	Put guides on heat-stake fixture	30/06/2017	S. Santos	Δ	
12. Line Bottleneck	WB1 with 26.1 seconds of work content	Move label placement to WB2	30/06/2017	Sara F.	Δ	
13. Damaged trimplates	Salient corners on Heat-Stake fixture	Round the corner of heat-stake	16/06/2017	S. Santos	Δ	
14. Decrease of OE	Difficulty on remove empty trays	Improve "OUT" ramp of empty trays on WB1	30/06/2017	Sara F./S. Torres	Δ	
15. Dirty line	Deficient maintenance	Define Housekeeping Plan	20/04/2017	Sara F./S. Torres	O	
16. Lack of focus	Quantity of defects unknow ed	Provide information to operators about defects	21/03/2017	Sara F.	O	
17. Lack of training		Provide training on assembly	21/03/2017	João C. Mirão	O	
18. Damaged trimplates	Utilization of accessories	Prohibition of accessories during labor time	21/03/2017	Sara	O	
19. Lost OE	Non-control of OE evolution	Provide information about the CE purpose and indicate the daily plan	21/03/2017	João C. Mirão	O	
20. Damaged trimplates	Crash between trimplate and scanner during label reading	Move scanner to inside the equipment AV1 to automatic reading	30/06/2017	Sara F./S. Torres	Δ	
21. Scratches on trimplates	Salient handles of final inspection fixture	Remove handles	02/05/2017	Sara	O	
17. Scratches on trimplates	Springs damage parts	Substitution of ball-coil with springs	20/04/2017	Sara	O	
18. Scratches on trimplates	Dirty gloves cause stains and scratches	Ensure the gloves replacement	10/05/2017	João C. Mirão	O	
21. Lens Pins splited	Bent pins	Set pins control device on WB1	17/03/2017	S. Torres	O	
22. Second inspection by quality operators (GPI2)	Escapes from assembly line	Remove GPI2	01/06/2017	Arminda's Torres/Sara F.	O	

5.0 - Monitor Results



6.0 Verification

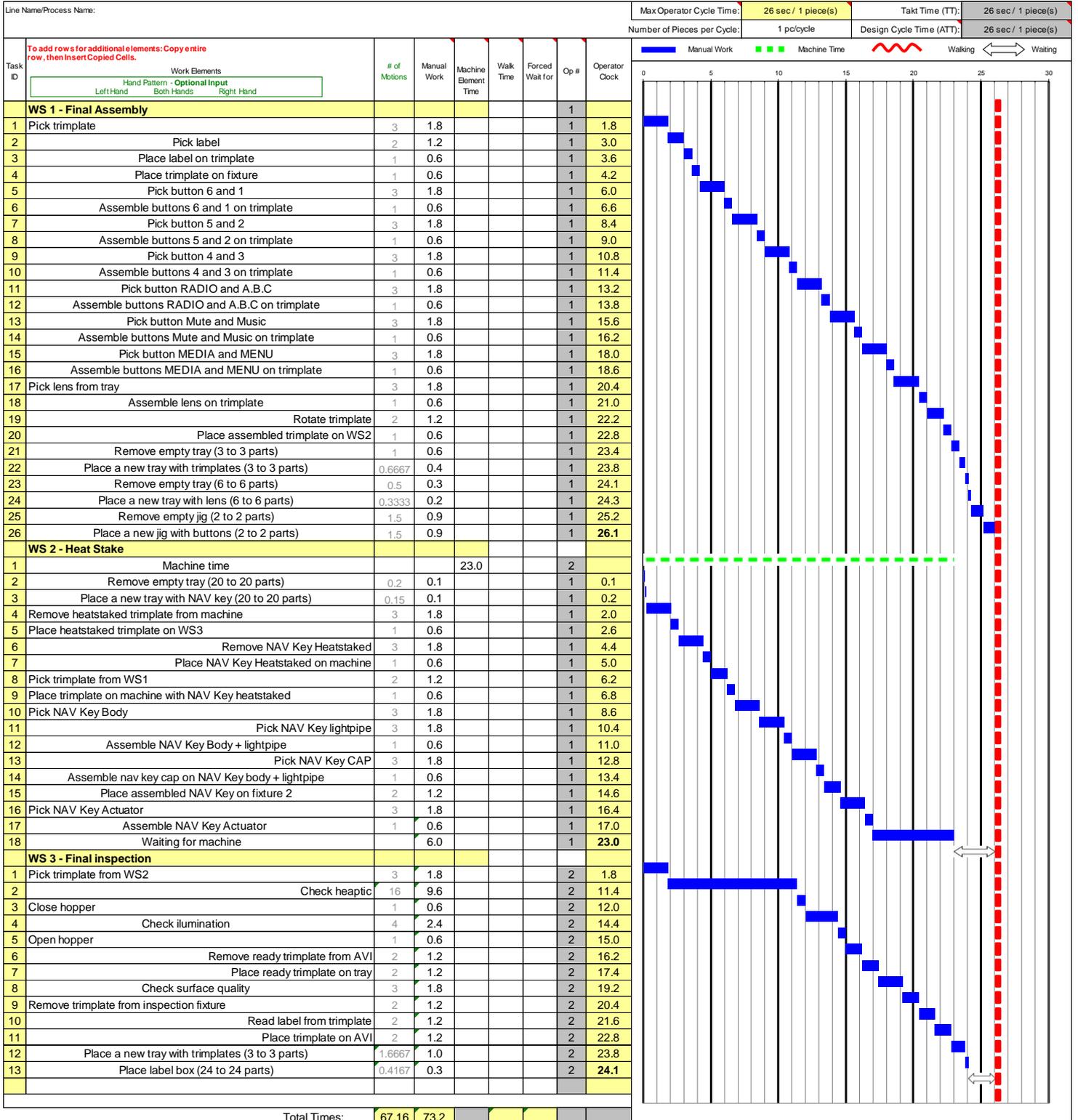
- Daily plastics operation meeting - POM
- 2 Weeks Meeting for follow-up A3 (Actions and results)
- Monthly Meeting for follow-up Scrap tracker

ANEXO II – SWCT - PRODUTO A

Work Combination Table

Project: **Fiat Panda Plastics line**

Date: **15/dez/15**



ANEXO III – WI PRODUTO A

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho											
Effective Date: / Data Efetiva:		12/12/2016		Content Reviewed Date: / Data de Revisão:		12/12/2016		Page 1 de 3			
Processo / Modelo: MONTAGEM FINAL/PRODUTO A Lugar: MONTAGEM FINAL Ref. Doc.: Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>				Notas importantes: Todas as peças não conformes devem ser colocadas na área de análise ◆							
  <p style="font-size: small;">LAVAR AS MÃOS PARA MANUSEAR PEÇAS</p>											
No. da Peça	Qtd. U	T. Item(s)		LARGURAS (mm)							
		MÃO ESQUERDA	MÃO DIREITA	MÃO	MÃO	MÃO	MÃO	MÃO	MÃO		
					MÃO	MÃO	MÃO	MÃO	MÃO		
1		Pegar na blenda do tabuleiro, FOTO 1			5	3,0					
2		Pegar na etiqueta e colocar na blenda, FOTO1			5	3,0					
3		Colocar a blenda no dispositivo, FOTO 2			3	1,8					
4		Pegar nos botões do jig e colocar na blenda, FOTO 3 E 4			36	21,6					
5		Pegar e colocar a lente na blenda, FOTO 5			8	4,8					
6		Retirar a blenda do dispositivo e colocar no posto seguinte, FOTO 6			3	1,8					
7		 <p style="background-color: #90EE90; padding: 5px;">As lentes e a blenda devem ser retiradas do local mais próximo para o mais distante</p>									
8											
9											
10											
11											
12		<p style="background-color: #FFFF00; padding: 5px;">A etiqueta tem de ser colocada no local indicado Abaixo das ribs existentes (marcadas a vermelho)</p> 									
13											
14											
15											
16											
Total					60	36					
Data:	Realizado por:		Verificado por:		Aprovado por:						
Função:	12/12/2016				12/12/2016						
Nome:	Engenheira de Processo										
Ass.:	Sara Fernandes										
Quando necessário, este documento pode ser controlado a menor que se aplicável como controle de qualidade documental controlado.											



foto 1



foto 2



foto 3



foto 4



foto 5



foto 6

ANEXO IV – SWCT - PRODUTO B

Work Combination Table

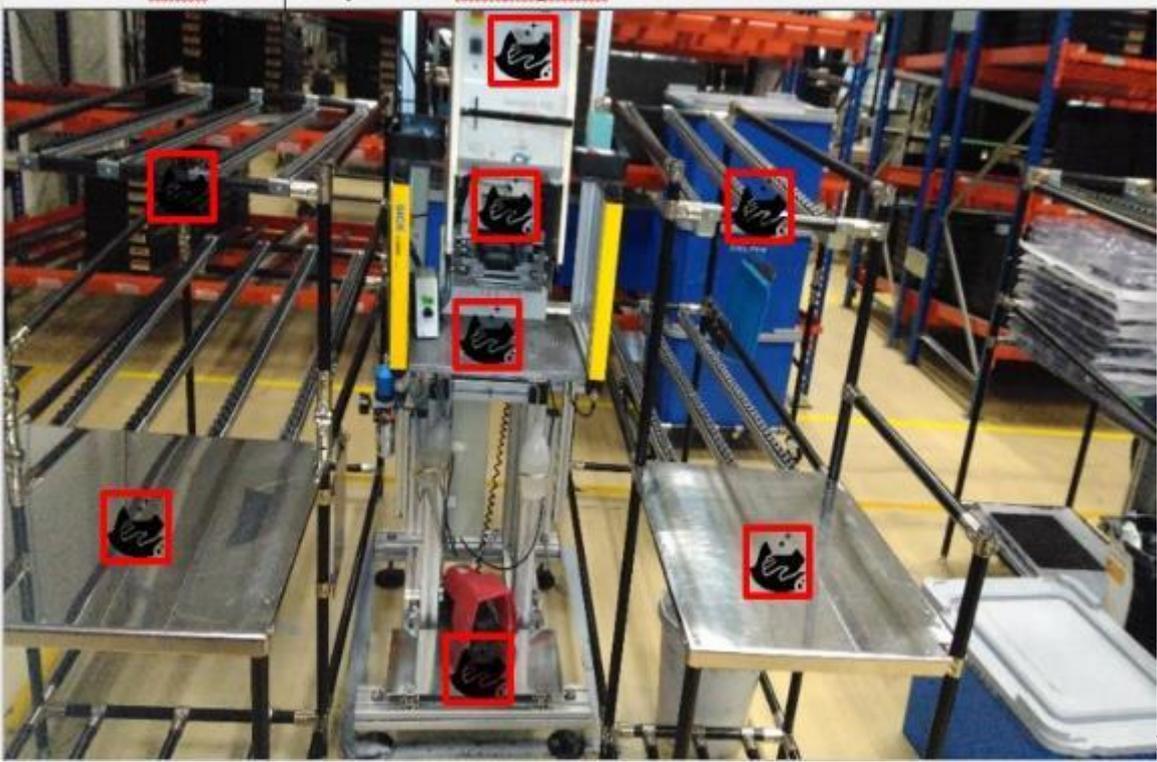
Project: **Produto B**

Date: **15/fev/17**

Line Name/Process Name:		Max Operator Cycle Time:	20 sec / 1 piece(s)	Takt Time (TT):	20 sec / 1 piece(s)								
		Number of Pieces per Cycle:	1 pc/cycle	Design Cycle Time (ATT):	20 sec / 1 piece(s)								
Task ID	Work Elements Hand Pattern - Optional Input Left Hand Both Hands Right Hand	# of Motions	Manual Work	Machine Element Time	Walk Time	Forced Wait for	Op #	Operator Clock	Legend				
									Manual Work	Machine Time	Walking	Waiting	
WS 1 - Final Assembly									0 5 10 15 20 25				
1	Pick and rotate trimplate	2	1.2				1	1.2	[Blue bar]				
2	Place trimplate on fixture	2	1.2				1	2.4	[Blue bar]				
3	Pick label	2	1.2				1	3.6	[Blue bar]				
4	Rotate fixture and place label	3	1.8				1	5.4	[Blue bar]				
5	Pick lightpipe	3	1.8				1	7.2	[Blue bar]				
6	Place lightpipe on trimplate	2	1.2				1	8.4	[Blue bar]				
7	Pick coverdust CD	2	1.2				1	9.6	[Blue bar]				
8	Place coverdust CD on trimplate	2	1.2				1	10.8	[Blue bar]				
9	Pick CD guide	2	1.2				1	12.0	[Blue bar]				
10	Place CD guide and place on trimplate	2	1.2				1	13.2	[Blue bar]				
11	Pick coverdust SD	2	1.2				1	14.4	[Blue bar]				
12	Place coverdust SD(2) on trimplate	2	1.2				1	15.6	[Blue bar]				
13	Pick assembled trimplate	2	1.2				1	16.8	[Blue bar]				
14	Place assembled trimplate on WS2	2	1.2				1	18.0	[Blue bar]				
15	Remove empty tray (4 to 4 parts)	1	0.6				1	18.6	[Blue bar]				
16	Place a new tray with trimplates (4 to 4 parts)	1.25	0.8				1	19.4	[Blue bar]				
17	Prepare labels	0.25	0.2				1	19.5	[Blue bar]				
WS 2 - Heat Stake									0 5 10 15 20 25				
1	Machine time			16.0			2		[Green bar]				
2	Pick trimplate from WS1	3	1.8				2	1.8	[Blue bar]				
3	Place trimplate on fixture	2	1.2				2	3.0	[Blue bar]				
4	Pick eject button from paint jig	3	1.8				2	4.8	[Blue bar]				
5	Place eject button on trimplate	3	1.8				2	6.6	[Blue bar]				
6	Pick spring button	3	1.8				2	8.4	[Blue bar]				
7	Place spring button on trimplate	3	1.8				2	10.2	[Blue bar]				
8	Pick coverdust SD	3	1.8				2	12.0	[Blue bar]				
9	Place coverdust SD(2) on trimplate	2	1.2				2	13.2	[Blue bar]				
10	Waiting from machine						2	13.2	[Blue bar]				
11	Pick heatstaked trimplate from machine	3	1.8				2	15.0	[Blue bar]				
12	Place assembled trimplate on machine	3	1.8				2	16.8	[Blue bar]				
13	Pick trimplate and frontplate from box	2	1.2				2	18.0	[Blue bar]				
14	Assemble frontplate on trimplate	2	1.2				2	19.2	[Blue bar]				
15	Place trimplate on WS3	2	1.2				2	20.4	[Blue bar]				
WS 3 - Final inspection									0 5 10 15 20 25				
1	Place trimplate on press	3	1.8				3	1.8	[Blue bar]				
2	Remove trimplate from press	3	1.8				3	3.6	[Blue bar]				
3	Place trimplate on inspection fixture	3	1.8				3	5.4	[Blue bar]				
4	Check heaptic	2	1.2				3	6.6	[Blue bar]				
5	Close hopper	2	1.2				3	7.8	[Blue bar]				
6	Check illumination	3	1.8				3	9.6	[Blue bar]				
7	Open hopper	2	1.2				3	10.8	[Blue bar]				
8	Remove ready trimplate from AVI	2	1.2				3	12.0	[Blue bar]				
9	Place ready trimplate on tray	2	1.2				3	13.2	[Blue bar]				
10	Check surface quality	4	2.4				3	15.6	[Blue bar]				
11	Remove trimplate from inspection fixture	2	1.2				3	16.8	[Blue bar]				
12	Place trimplate on AVI	2	1.2				3	18.0	[Blue bar]				
13	Place a new empty tray (4 to 4 parts)	1.25	0.8				3	18.8	[Blue bar]				
14	Place label box (24 to 24 parts)	0.4167	0.3				3	19.0	[Blue bar]				
15									[Blue bar]				
Total Times:		58.9	58.9										

ANEXO V – INSTRUÇÃO DE HOUSEKEEPING

Instrução de housekeeping – P2 (Operations)	
BRAG WI xxxx	Máquina de tampografia 1 / PL-TAMP-001
Quem	Operador
Periodicidade	Semanal (Sexta-Feira) / Início do turno No caso de eventuais paragens da linha, no decorrer da semana, antecipar as tarefas
Método	<p>→ Limpar com pano e “Ajax” as áreas assinaladas com </p> <p>Barreiras de segurança, acrílicos da máquina, rampa de <u>creform</u>, interior da máquina, mesa do cliché, mesa da base de colocação das peças, parte superior da máquina</p>
Meios	<p>Pano e Ajax  </p>
Inspeção e registo das actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar visualmente a eliminação de sujidade das áreas limpas com o pano. • Registar actividade no formulário BRAG FOR 1121.00.03
	<ul style="list-style-type: none"> • Antes de iniciar estas tarefas, assegure-se que todo o material/produutos são retirados do posto de trabalho. • Numa base diaria, manter o posto de trabalho limpo (peças fora das caixas, pó acumulado limpo com um pano, papeis e fitas no chão)

Instrução de housekeeping – P2 (Operations)	
BRAG WI xxxx	Máquina de tampografia 1 / PL-TAMP-001
	

ANEXO VI – INSTRUÇÃO DE GESTÃO FIFO (ALOCAÇÃO/RECOLHA)

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho			
Effective Date: / Data Efectiva:	03/07/2017	Content Reviewed Date: / Data de Revisão:	03/07/2017
		Page 1 de 2	
Processo / Modelo: <u>Gestão FIFO (alocação/ recolha)</u> Lugar: <u>Stock peças injetadas</u> Ref. Doc.: _____ Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>			
		Notas Importantes: Considerar sempre com muita atenção no processo de gestão de stock	
ALOCAÇÃO DE MATERIAL: <p style="text-align: center;">(material em caixas)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 - A colocação do material deve ser efectuada no sentido <u>da esquerda para a direita, de cima para baixo</u>, foto 1. 2 - O material deve ser colocado no espaço imediatamente à direita do material que já se encontra na estante. 3 - Quando o espaço à direita estiver completo, voltar ao início da estante afecta ao Part Number. 4 - Caso a rampa esteja completa, colocar o material excedente na rampa definida para tal. 		 <p style="text-align: right;">FOTO 1</p>	
RECOLHA DE MATERIAL: <p style="text-align: center;">(material em caixas)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 - A recolha do material deve ser efectuada no sentido <u>da direita para a esquerda, de cima para baixo</u>, foto 2. 2 - Quando a rampa atual ficar vazia, começar a retirar o material da rampa que está à esquerda. 3 - Caso a rampa vazia seja a última relativa ao <i>part number</i>, retirar as caixas da estante mais à direita. 		 <p style="text-align: right;">FOTO 2</p>	
Data: Função: Nome: Ass.:	Realizado por: 03/07/2017 Engenharia de Processo Sara Fernandes	Verificado por:	Aprovado por:
<small>QUANDO IMPRIMIDO, ESTE DOCUMENTO NÃO É CONTROLADO A MENOS QUE SEJA IDENTIFICADO COMO CONTROLADO PELO DCC (DOCUMENT CONTROL CENTER)</small>			