



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Gonçalo Quinta e Costa da Silva Pereira

**Análise e melhoria de um processo
produtivo recorrendo a ferramentas Lean
numa empresa de componentes eletrónicos**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Professora Doutora Isabel Lopes

Professora Doutora Anabela Carvalho Alves

Agosto de 2019

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

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

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

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

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

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

AGRADECIMENTOS

A conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial marca o final de uma das etapas mais desafiantes mas também mais estimulantes da minha vida. De facto, ao longo deste percurso foram várias as pessoas que desempenharam um papel fundamental e sem as quais este seria muito mais difícil.

Em primeiro lugar, um obrigado às pessoas mais importantes da minha vida, os meus pais, não só pelo apoio incondicional ao longo desta caminhada mas também por me terem fornecido todas as ferramentas para que pudesse culminar este percurso com sucesso.

Aos meus avós, um profundo agradecimento por todo o apoio prestado e por serem pilares fundamentais na minha vida. É uma pena não poder partilhar este momento com todos, sei o orgulho que teriam.

À minha família, um obrigado especial por todo o apoio ao longo de todo o meu percurso académico.

A todos os meus amigos, especialmente àqueles com os quais partilhei estes 5 anos, um obrigado por toda a ajuda e companheirismo. Foi um prazer ter partilhado este caminho convosco.

À Professora Doutora Isabel Lopes e à Professora Doutora Anabela Alves, por toda a disponibilidade e orientação fornecida durante este projeto.

A todos os meus colegas de trabalho, em especial ao Hugo, à Marisa, à Miriam, ao Tiago e ao João, pela disponibilidade, ajuda e por todos os ótimos momentos passados ao longo deste estágio. Um agradecimento também ao Engenheiro Jorge Duarte, pela disponibilidade e pelos conhecimentos partilhados ao longo deste projeto.

Ao meu orientador na empresa, Hugo Moreira, um obrigado especial por todo o conhecimento partilhado, disponibilidade, motivação e apoio na elaboração deste projeto de dissertação.

Por último, um agradecimento a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esta caminhada fosse concluída com sucesso.

A todos, o meu muito obrigado!

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

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

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

RESUMO

O presente documento insere-se no projeto de dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, realizado na empresa Aptiv. O principal objetivo deste projeto foi a análise do sistema produtivo atual e a implementação de alterações e melhorias com vista à produção de um novo produto, designado nesta dissertação de produto A, através da utilização de ferramentas *Lean* e outras ferramentas.

Contudo, este projeto ocorre num contexto específico. De facto, este foca-se num novo produto, o produto A, constituído pelas placas eletrónicas 1 e 2, que se encontra na fase de pré séries, ou seja, em fase de testes. Assim, o projeto ocorre numa fase de planeamento estando a análise apoiada no *standard* para o dimensionamento de buffers, 8 horas entre *Surface Mount Technology* (SMT) e *Circuit Board Assembly* (CBA) e 4 horas entre CBA e *Final Assembly* (FA), e nos princípios que estarão por detrás do funcionamento do sistema.

De seguida, procedeu-se à análise crítica da situação atual onde foi analisado o sistema produtivo, recolhidas todas as informações acerca deste e realizado um *Value Stream Mapping* (VSM) de modo a identificar a cadeia de valor e assinalar os seus principais desperdícios. A partir desta análise constatou-se que o *Work-In-Process* (WIP) terá um impacto elevado no sistema produtivo, devido ao facto do *standard* existente originar um sobredimensionamento dos buffers e, também, dos princípios de funcionamento deste serem propícios à existência de WIP. Adicionalmente, também se verificaram ineficiências ao nível do *standard work*.

Identificadas as oportunidades de melhoria, foram realizadas diversas propostas para melhorar a *performance* do sistema produtivo. Estas passaram pela realização de uma simulação, com vista à obtenção de uma representação das necessidades de WIP mais ajustada à realidade, de uma nova proposta para o funcionamento do sistema baseada em FIFO LANES, e pela atualização/criação de diversas instruções de trabalho.

Estimou-se que as propostas apresentadas poderiam ter um impacto bastante significativo na empresa, podendo-se traduzir num ganho anual de 28310.94€ ao nível do capital parado, numa poupança de 3545.00€ anuais resultado da redução de espaço, num aumento do rácio de valor acrescentado em 5.71% para a placa 1 e 9.7% para a placa 2 e, por fim, numa diminuição do Lead Time de 54.63% e de 57.83% para a placa 1 e para a placa 2, respetivamente.

PALAVRAS-CHAVE

Lean Production, FIFO LANES, Simulação, VSM, WIP

ABSTRACT

The present document describes the dissertation project carried out under the Master in Industrial Engineering and Management, developed at the company Aptiv. The main goal of the project was the analysis of the current productive system and the implementation of changes and improvements in order to produce a new product, through the utilization of Lean tools and other tools.

Firstly, it is necessary to explain the context in which the project is inserted. In fact, the focus will be on a new product, product A, constituted by board 1 and board 2, currently in the pre-series stage. This way, the project occurs at a planning stage, being the analysis supported by the buffers dimensioning standard, 8 hours between SMT and CBA and 4 hours between CBA and FA, and by the principles that will be behind the functioning of the production system once regular production begins.

Having this in consideration, the critical analysis of the current situation has been initiated. Here, the production system was analysed, all of its details were scrutinized and a VSM was performed in order to identify the value chain and to identify the main wastes associated with the system. In result of this analysis, it was verified that the WIP would have a major impact on the system, not only due to the fact that the standard for buffers dimensioning represents its over dimensioning, but also due to the systems functioning principles, that foster the existence of WIP. Additionally, some inefficiencies regarding the standard work were also verified.

Once this analysis was finalized and the improvement opportunities were clear, several proposals towards a better efficiency of the system were developed. In the end, they can be summed up as a simulation of the functioning of the production system, a new systems design based on FIFO LANES, and the creation/actualization of work instructions.

In conclusion, it was estimated that the proposal can have a very significant impact in the organization. In fact, they can be translated in an annual gain of 28310.94€ in terms of idle capital, in a reduction of the warehousing space, resulting in a saving of 3545€/year, in an increase of the value added ratio of 5.71% for board 1 and 9.7% for board 2 and, finally, in a decrease of the Lead Time in 54.63% for board 1 and 57.83% for board 2.

KEYWORDS

Lean Production, FIFO LANES, Simulation, VSM, WIP

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	vi
Abstract.....	viii
Índice.....	x
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xvi
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xviii
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 Bibliográfica.....	7
2.1. <i>Lean Production</i>	7
2.1.1. <i>Toyota Production System</i>	8
2.1.2. Os sete desperdícios.....	12
2.1.3. Princípios <i>Lean Thinking</i>	15
2.1.4. Ferramentas e Técnicas <i>Lean Production</i>	17
2.3. Simulação.....	26
2.3.1. Construção de um modelo de simulação.....	27
2.3.2. Conceitos utilizados em simulação.....	28
2.3.3. Software de simulação SIMIO.....	29
2.3.4. Vantagens e desvantagens do uso da simulação.....	33
3. Apresentação da Empresa.....	35
3.1. Grupo APTIV.....	35
3.2. APTIV em Portugal.....	35
3.3. Descrição do sistema produtivo.....	37
3.3.1. <i>Surface Mount Technology (SMT)</i>	38
3.3.2. <i>Circuit Board Assembly (CBA)</i>	39

3.3.3. <i>Montagem Final</i>	39
4. Descrição e análise crítica da situação atual do processo produtivo do produto A	41
4.1. Processo Produtivo associado ao produto A.....	42
4.1.1. Fluxo Produtivo em SMT	42
4.1.2. Fluxo Produtivo em CBA e Montagem Final	44
4.1.3. Representação do fluxo produtivo do produto A	46
4.1.4. Diagrama de processo de ambas as placas.....	49
4.2. Análise crítica e identificação de problemas	52
4.2.1. Análise de capacidades	52
4.2.2. Análise da quantidade de WIP	55
4.2.3. Value Stream Mapping do estado atual para o produto A	57
4.2.4. Impacto do WIP	61
4.2.5. Desatualização/Inexistência de Instruções de Trabalho	67
4.3. Síntese dos problemas identificados.....	68
5. Apresentação das propostas de melhoria	69
5.1. Simulação do sistema produtivo para a identificação de WIP	69
5.1.1. Pressupostos da simulação	69
5.1.2. Construção do modelo.....	70
5.1.3. Processos e lógica do modelo de simulação	73
5.1.4. Resultados da Simulação.....	79
5.1.5. Validação da Simulação	81
5.2. Proposta de um novo sistema	82
5.2.1. Representação do sistema proposto	83
5.2.1. Dimensionamento das FIFO LANES.....	84
5.2.2. Abastecimento da Montagem Final	88
5.2.3. Cumprimento do FIFO na FIFO LANE.....	89
5.2.4. Ordens de produção e funcionamento geral do sistema.....	93
5.2.5. Value Stream Mapping do estado futuro para o produto A	94
5.2.6. Necessidades de espaço e impacto monetário do WIP no novo sistema	97
5.3. Atualização e realização de instruções de trabalho	98

6. Análise e discussão de Resultados	101
6.1. Redução do WIP	101
6.2. Redução do Capital Parado	102
6.3. Redução de espaço de armazenamento	103
6.4. Impacto ao nível do processo produtivo	104
7. Conclusões.....	107
7.1. Considerações Finais	107
7.2. Trabalho Futuro	108
Referências Bibliográficas	111
Apêndice 1 – Layout do modelo de simulação	118
Apêndice 2 – Gráficos de validação do modelo de simulação.....	119
Apêndice 3 – Instruções de Trabalho do produto B.....	124
Apêndice 4 – Instruções de trabalho do produto C	128
Apêndice 5 – Instruções de trabalho do produto D	135
Apêndice 6 – Instruções de trabalho do produto F.....	142
Apêndice 7 – Instruções de trabalho do produto G	153
Apêndice 8 – Instruções de trabalho do produto H.....	155
Apêndice 9 – Instruções de trabalho do produto I	156

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Casa do TPS (Melton, 2005).....	8
Figura 2- Os Sete Desperdícios (adaptado de Melton (2005)).....	13
Figura 3 - Simbologia VSM (Rother and Shook (1999)).....	19
Figura 4 - Exemplo de Mapeamento da Situação Atual utilizando VSM (Rother & Shook, 1999)	20
Figura 5 - Exemplo de Mapeamento da Situação Futura utilizando VSM (Rother & Shook , 1999).....	21
Figura 6- Modo de funcionamento geral de um Kanban (fonte: (Carvalho,2000))	24
Figura 7 - Funcionamento de uma FIFO LANE (Rother and Shook, 1999).....	26
Figura 8- Logótipos Aptiv e Delphi Technologies.....	35
Figura 9 - Vista aérea dos 4 edifícios da Aptiv	36
Figura 10 - Principais clientes da Aptiv	37
Figura 11 - Rack de SMT	43
Figura 12 - Rack de CBA e Montagem Final.....	45
Figura 13 - Fluxo Produtivo de ambas as placas.....	47
Figura 14 -Diagrama de processo da placa 1	50
Figura 15 - Diagrama de processo da placa 2	51
Figura 16 - VSM relativo à placa 1	58
Figura 17 - VSM relativo à placa 2	59
Figura 18 - Comparação entre layout e espaço ocupado pelo WIP	66
Figura 19 - Fluxograma ilustrativo do funcionamento do modelo para a placa 1	77
Figura 20 - Fluxograma ilustrativo do funcionamento do modelo para a placa 2	78
Figura 21 - Gráfico de validação da simulação referente ao buffer 1	82
Figura 22 – Funcionamento do sistema proposto para a placa 1	83
Figura 23 – Funcionamento do sistema proposto para a placa 2	83
Figura 24 - Componentes do tempo máximo de paragem	85
Figura 25 - Esquema ilustrativo da coluna "Stock Necessário"	88
Figura 26 - Abastecimento das FIFO LANES contendo containers	90
Figura 27 - Fluxograma relativo ao abastecimento de uma rack de containers	90
Figura 28 - Colocação e retirada de tabuleiros do supermercado	92
Figura 29 - Cartão indicador da capacidade máxima da FIFO LANE.....	93

Figura 30 - VSM do estado futuro relativo à placa 1	95
Figura 31 - VSM do estado futuro relativo à placa 2	96
Figura 32 - Layout do modelo de simulação	118
Figura 33 - Gráfico de Validação relativo ao Buffer 2	119
Figura 34 - Gráfico de Validação relativo ao Buffer 3	119
Figura 35 - Gráfico de Validação relativo ao Buffer 4	120
Figura 36 - Gráfico de Validação relativo ao Buffer 5	120
Figura 37 - Gráfico de Validação relativo ao Buffer 6	121
Figura 38 - Gráfico de Validação relativo ao Buffer 7	121
Figura 39 - Gráfico de Validação relativo ao Buffer 8	122
Figura 40 - Gráfico de Validação relativo ao Buffer 9	122
Figura 41 - Gráfico de Validação relativo ao Buffer 10 (placa 1)	123
Figura 42 - Gráfico de Validação relativo ao Buffer 10 (placa 2)	123
Figura 43 - Instrução de Trabalho do posto 2 da Montagem Final do produto B	124
Figura 44 - Instrução de Trabalho do sistema de teste do produto B	126
Figura 45 - Instrução de trabalho do posto de embalagem do produto B	127
Figura 46 - Instrução de trabalho do posto 1 da montagem final do produto C	128
Figura 47 - Instrução de trabalho do posto 2 da montagem final do produto C	129
Figura 48 - Instrução de trabalho do posto 3 da montagem final do produto C	130
Figura 49 - Instrução de trabalho do posto 4 da montagem final do produto C	131
Figura 50 - Instrução de trabalho do posto 5 da montagem final do produto C	132
Figura 51 - Instrução de trabalho do posto de reparação do produto C (parte 1)	133
Figura 52 - Instrução de trabalho do posto de reparação do produto C (parte 2)	134
Figura 53 - Instrução de trabalho do posto de reparação do produto C (parte 3)	134
Figura 54 - Instrução de Trabalho do posto 1 da montagem final do produto D	135
Figura 55 - Instrução de trabalho do posto 2 da montagem final do produto D	136
Figura 56 - Instrução de trabalho do posto 3 da montagem final do produto D	137
Figura 57 - Instrução de trabalho do posto 4 da montagem final do produto D	138
Figura 58 - Instrução de trabalho do posto 5 da montagem final do produto D	139
Figura 59 - Instrução de trabalho do posto 6 da montagem final do produto D	140
Figura 60 - Instrução de trabalho do sistema de teste do produto D	141
Figura 61 - Instrução de trabalho do posto 1 da montagem final do produto F	142
Figura 62 - Instrução de trabalho do posto 2 da montagem final do produto F	143
Figura 63 - Instrução de trabalho do posto 3 da montagem final do produto F	144

Figura 64 - Instrução de trabalho do posto 4 da montagem final do produto F.....	145
Figura 65 - Instrução de trabalho do posto 5 da montagem final do produto F.....	146
Figura 66 - Instrução de trabalho do posto de embalagem do produto F.....	147
Figura 67 - Instrução de trabalho do sistema de teste do produto F.....	148
Figura 68 - Instrução de trabalho do posto de Gap-Filler do produto F.....	149
Figura 69 - Instrução de trabalho do posto de CMI do produto F.....	150
Figura 70 - Instrução de Trabalho do posto de reparação do Produto F (parte 1)	151
Figura 71 - Figura 67 - Instrução de Trabalho do posto de reparação do Produto F (parte 2)	152
Figura 72 - Instrução de trabalho do posto de reparação do produto G (parte 1)	153
Figura 73 - Instrução de trabalho do posto de reparação do produto G (parte 2)	154
Figura 74 - Instrução de trabalho do posto de reparação do produto H.....	155
Figura 75 - Instrução de trabalho do posto de reparação do produto I (parte 1).....	156
Figura 76 - Instrução de trabalho do posto de reparação do produto I (parte 2).....	157

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Objetos constituintes da Standard Library	31
Tabela 2 - Descrição dos principais steps existentes no SIMIO	32
Tabela 3 - Diferenças entre Input e Output em SM2	43
Tabela 4 - Dimensões da rack de SMT	44
Tabela 5 - Indicadores relativos a SM2, SM1 e Raio-X na placa 1	44
Tabela 6 - Indicadores relativos a SM2, SM1 e Raio-X na placa 2	44
Tabela 7 - Desfasamento entre Input e Output no Milling.....	44
Tabela 8 - Dimensões da Rack de CBA e Montagem Final.....	45
Tabela 9 - Indicadores relativos a ICT, Milling, Sub-Assembly e Montagem Final na placa 1	46
Tabela 10 - Indicadores relativos a ICT, Milling e Montagem Final na placa 2	46
Tabela 11 - Distâncias e Tempos de Deslocação entre secções	48
Tabela 12 - Cálculo de capacidades para a placa 1	53
Tabela 13 - Cálculo de capacidades para a placa 2	53
Tabela 14 - Cálculo do Takt Time	54
Tabela 15 - Comparação entre TC e TT para a placa 1.....	55
Tabela 16 - Comparação entre TC e TT para a placa 2.....	55
Tabela 17 - Horas de buffer standard para a placa 1	56
Tabela 18 - Horas de buffer standard para a placa 2	56
Tabela 19 - Standard de WIP para ambas as placas	56
Tabela 20 - RVA e RVNA de ambas as placas na situação atual	61
Tabela 21 - Custo de ambas as placas em cada secção	62
Tabela 22 - Custo do WIP por secção	63
Tabela 23 - Necessidades de espaço para armazenar WIP.....	64
Tabela 24 - Síntese dos problemas identificados	68
Tabela 25 - Entidades da simulação	70
Tabela 26 - Propriedades dos servers associados à placa 1	71
Tabela 27 - Propriedades dos servers associados à placa 2.....	71
Tabela 28 - Propriedades dos servers correspondentes aos buffers	72
Tabela 29 - Propriedades referentes aos sources.....	72
Tabela 30 - Valores da variável "Tipo"	73

Tabela 31 - Explicação dos processos presentes no modelo de simulação	74
Tabela 32 - Resultados da Simulação	79
Tabela 33 - Número de racks e espaço necessário para armazenar o WIP	80
Tabela 34 - Impacto Financeiro do WIP	81
Tabela 35 - Tempos de produção por container/tabuleiro para ambas as placas	86
Tabela 36 - Perdas refletidas pelo OEE para ambas as placas	86
Tabela 37 - Tempo máximo de paragem para ambas as placas	86
Tabela 38 - Dimensões das FIFO LANES	87
Tabela 39 - RVA e RVNA para ambas as placas.....	97
Tabela 40 - Impacto financeiro do WIP no novo sistema	97
Tabela 41 - Necessidades de espaço no novo sistema	98
Tabela 42 - Criação e atualização de instruções de trabalho.....	99
Tabela 43 - Redução da quantidade de placas em WIP	101
Tabela 44 - Redução de WIP para ambas as placas	102
Tabela 45 - Impacto monetário da redução do WIP.....	102
Tabela 46 - Comparação do espaço necessário para armazenamento de WIP.....	103
Tabela 47 - Impacto do novo sistema no espaço de armazenamento.....	103
Tabela 48 - Impacto monetário da redução de espaço	103
Tabela 49 - Aumento do RVA de ambas as placas	104
Tabela 50 - Redução do Lead Time de ambas as placas	104

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AOI – *Automated Optical Inspection*

BIA – *Buffer Intermédio de Armazenamento*

CBA – *Circuit Board Assembly*

FA – *Final Assembly*

FIFO – *First-In-First-Out*

IC – *Integrated Circuit*

ICT – *In Circuit Test*

JIT – *Just-In-Time*

KPI – *Key Performance Indicator*

PCB – *Printed Circuit Board*

PCL – *Planning, Control and Logistics*

QRC – *Quick Response Code*

RVA – *Rácio de Valor Acrescentado*

RVNA – *Rácio de Valor Não-Acrescentado*

SMT – *Surface Mount Technology*

TC – *Tempo de Ciclo*

TPS – *Toyota Production System*

TVA – *Tempo de valor acrescentado*

VSM – *Value Stream Mapping*

WIP – *Work in process*

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação relata um projeto de investigação realizado na Aptiv, no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial. Ao longo deste capítulo será apresentado o enquadramento do projeto, os seus objetivos, a metodologia adotada na investigação e, por fim, a estrutura da dissertação.

1.1. Enquadramento

Devido à pressão competitiva global e à constante mudança das condições do mercado, cada vez mais as empresas enfrentam o desafio de baixar os custos dos processos produtivos (Dombrowski, Ebentreich, & Krenkel, 2016). A realidade industrial atual está marcada pelo crescimento da globalização. Deste modo, o volume e complexidade dos produtos está a aumentar pelo que os esforços para reduzir custos, obter maior flexibilidade e aumentar a qualidade estão inerentes à realidade de qualquer empresa (Aguado, Alvarez, & Domingo, 2013).

Por forma a responder a estes desafios, surge, criado por Taiichi Ohno, o *Toyota Production System* (TPS). Segundo Ohno (1988), a criação deste sistema produtivo assentou na necessidade de descobrir um método produtivo que fosse capaz de eliminar todos os desperdícios, sete, associados à produção: Sobreprodução, Esperas, Transportes, Sobreprocessamento, *Stock*, Movimentações e Defeitos. Efetivamente, o principal objetivo do *Toyota Production System* é a redução de custos, sendo que este é atingido através da eliminação de desperdícios, ou seja, tudo aquilo que o cliente não está disposto a pagar (Karlsson & Åhlström, 1996).

Associado ao *Toyota Production System*, surge também o conceito de *Lean Production*, tornado popular através do livro “*The Machine that Changed the World*” de Womack, Jones and Ross (1990). Deste modo, o termo *Lean Production* surgiu como a versão ocidental do TPS. Apesar de no princípio da introdução desta metodologia, muitas empresas estarem somente focadas na aplicação das ferramentas *Lean*, verificou-se que, mais tarde, estas ferramentas se revelaram difíceis de sustentar.

Assim, surge a necessidade de uma mudança organizacional, nascendo assim por Womack and Jones (1996) o *Lean Thinking* (Yamamoto & Bellgran, 2010). Segundo Womack and Jones (1996), o *Lean Thinking* assenta em cinco princípios fundamentais: Identificar Valor (sempre definido pelo cliente final), Identificar a Cadeia de Valor (todas as ações necessárias para que

o produto chegue ao cliente), Criar Fluxo (fluxo contínuo entre todas as etapas produtivas e consequente eliminação de lotes), Produção *Pull* (as ordens de produção são dadas pelo cliente) e Perfeição (Não há fim no processo de redução de tempo, espaço, custo e erros).

De modo a cumprir com estes princípios e atingir os objetivos da filosofia *Lean* (redução de lead times, aumento da produtividade, redução dos custos e aumento da qualidade) são necessárias diversas ferramentas tais como: *Value Stream Mapping* (VSM), *Kanban*, *Single Minute Exchange of Die* (SMED), *5S's*, *Standard Work*, entre muitas outras. De facto, como sugere Yamamoto & Bellgran (2010), estas técnicas têm a vertente de trazer problemas à superfície fazendo com que as pessoas os considerem como urgentes. No entanto, ainda que os princípios e ferramentas associadas ao *Lean Thinking* possam parecer simples de adotar, estas representam enormes desafios de mudança para qualquer empresa que se queira tornar *Lean* (Melton, 2005).

Alinhada com esta necessidade de mudança, está a empresa onde foi realizada esta dissertação. Esta empresa, Aptiv, produz autorrádios para a indústria automóvel. Devido ao facto da Aptiv ser uma empresa em franco crescimento e da indústria em que esta se insere ser cada vez mais complexa e exigente, existe a necessidade premente de aumentar a eficácia e eficiência dos processos produtivos e, consequentemente, reduzir todos os desperdícios a estes associados. Embora o constante desenvolvimento de esforços para uma cada vez maior introdução da filosofia *Lean* por parte da empresa seja uma realidade, com a realização de diversos projetos que procuram a redução de desperdícios através da aplicação de ferramentas *Lean*, nomeadamente, Ferreira (2015) e Peixoto (2017), o reforço da implementação desta metodologia surge como uma necessidade. Assim, a análise e melhoria do sistema produtivo associado a um novo produto, que é aquilo sobre o qual o projeto irá versar, terá de ter como base a filosofia *Lean* de modo a que todos os desperdícios sejam mitigados e a máxima eficiência possível atingida.

1.2. Objetivos

O principal objetivo da presente dissertação é análise do sistema produtivo atual e a implementação de alterações e melhorias com vista à produção de um novo produto, através da utilização de ferramentas *Lean* e outras ferramentas. Espera-se, desta forma, conseguir conferir ao processo uma maior eficiência. Para isso foi necessário:

1. Analisar o processo produtivo e identificar os pontos críticos
2. Identificar desperdícios
3. Dimensionar *buffers*
4. Definir *standards*
5. Reduzir desperdícios

Deste modo, e de uma forma mais específica, é expectável que numa primeira fase, através do recurso ao *Value Stream Mapping* e dimensionando os *buffers* com base no standard atualmente usado pela empresa, seja possível obter uma visualização do sistema e dos desperdícios a este associados, sendo que o principal enfoque reside no *WIP*. Assim, não só se pretende perceber o impacto que este *stock* tem no funcionamento do sistema, tanto a nível monetário como de espaço e fluidez do mesmo, como também, numa segunda fase, através do recurso a ferramentas *Lean* minorar o seu impacto e tornar o sistema produtivo mais eficiente.

1.3. Metodologia de Investigação

A metodologia de investigação utilizada para levar a cabo o presente projeto de investigação foi a *Action Research*, devido ao facto de este projeto estar orientado à resolução de problemas específicos da organização. De acordo com Saunders, Lewis and Thornhill (2009), esta pode ser definida como a investigação aquando da ação ao invés da investigação sobre a ação. É um processo iterativo que pode ser dividido em cinco fases principais: Diagnóstico, Planeamento, Ação, Avaliação e Especificação da Aprendizagem.

Dito isto, na fase de diagnóstico, foi realizada uma análise exaustiva do sistema produtivo e, posteriormente, foi executado um mapeamento do sistema produtivo, recorrendo à ferramenta *Value Stream Mapping*. Contudo, como já foi referido, a execução deste *VSM* incide sobre o funcionamento do sistema quando estiver pronto a produzir, ou seja, baseia-se no standard para o dimensionamento de *buffers* e nos princípios a partir dos quais o sistema funcionará. De facto, o sistema ainda se encontra numa fase de pré-séries, ou seja, numa fase em que são produzidas pequenas quantidades com o objetivo de testar o sistema produtivo. Assim, está-se a tomar como situação atual o modo como o sistema se comportará quando estiver pronto para a produção. Contudo, é importante referir, que esta situação atual tem por base os mesmos princípios que serão aplicados quando o sistema for colocado pronto para produzir, ou seja, pretende retratar o exato funcionamento deste

Adicionalmente, ainda nesta fase de diagnóstico, foi realizado um levantamento das ineficiências a nível de *standard work*, nomeadamente no que a instruções de trabalho diz respeito.

No que à fase de planeamento de ações diz respeito e após analisado o sistema produtivo, o *standard* para o dimensionamento de buffers e o VSM, foram identificados os principais desperdícios e definidas ações para colmatar os mesmos. Concretamente, foi realizada uma simulação do sistema produtivo, recorrendo ao *software* SIMIO, com o objetivo de representar o estado atual do sistema e, deste modo, resolver o problema do dimensionamento dos buffers desajustado face às necessidades reais do sistema produtivo, originada pelo *standard* existente. De seguida, e por ter sido considerado que o *stock* intermédio poderia ser reduzido, foi proposto um novo funcionamento para o sistema produtivo, alicerçado em FIFO LANES. Por último, e respeitando o levantamento de ineficiências ao nível do *standard work*, foram atualizadas/criadas diversas instruções de trabalho.

Na fase de implementação das ações propostas, verificou-se que o produto A apenas entrará em produção efetiva no próximo ano pelo que não foi possível implementar as ações no horizonte temporal da dissertação.

De seguida, foi realizada uma avaliação dos resultados obtidos, tendo sido realizada uma análise comparativa entre o sistema atual e o sistema proposto, através do recurso a diversos indicadores de desempenho.

Finalmente, na fase de especificação da aprendizagem foram feitas diversas considerações sobre o conhecimento que pode ser retirado deste projeto e, conseqüentemente, foram detalhadas algumas medidas a realizar no futuro, para que o trabalho realizado possa ter sucesso.

1.4. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação está dividida em sete capítulos que, embora interligados de uma forma lógica, tratam de assuntos distintos.

O primeiro capítulo é dedicado à realização do enquadramento da dissertação, à apresentação dos objetivos e do tema deste projeto e a uma breve explicação da metodologia que foi adotada para levar a cabo a presente dissertação de mestrado. Adicionalmente, na presente secção, é apresentada a estrutura da dissertação e as diferentes temáticas que, em cada capítulo, serão tratadas.

De seguida, no segundo capítulo, é realizada uma revisão da literatura acerca do *Toyota Production System* e do *Lean Production*, de forma a providenciar ao projeto os alicerces teóricos necessários para garantir a sua relevância. Neste capítulo é também levada a cabo uma revisão literária acerca do conceito de simulação sendo, também, referido um *software* particular para a realização da mesma, o SIMIO.

Seguidamente, no terceiro capítulo, é apresentada a empresa onde ocorreu a dissertação, a Aptiv. Em primeiro lugar, é feita uma descrição do segmento de mercado onde esta se insere e explicada a dimensão internacional que a empresa possui. Em segundo lugar, é realizada uma breve descrição da presença da Aptiv no território nacional, com especial enfoque na unidade produtiva de Braga sendo, também, explicado, de uma forma geral, o seu sistema produtivo.

A análise da situação atual e a descrição dos problemas encontrados tem lugar no quarto capítulo. Neste, foi realizado um *Value Stream Mapping* com vista a identificar os principais pontos críticos do sistema, estando o principal enfoque direcionado para o WIP. Visto que o sistema produtivo apenas se encontra em funcionamento para pequenas séries, recorreu-se ao *standard* de dimensionamento de *buffers* existente de modo dar suporte ao VSM anteriormente mencionado. De ressaltar que, ainda neste capítulo, foi realizada uma análise exaustiva de todo o sistema produtivo além de uma descrição detalhada do impacto que o WIP terá no sistema produtivo.

Efetuada a descrição da situação atual são, no quinto capítulo, apresentadas as propostas de melhoria elaboradas com vista a mitigar os problemas anteriormente levantados.

De seguida, no sexto capítulo, é realizada a comparação entre a situação identificada no quarto capítulo e a situação futura, após a aplicação das sugestões de melhoria. De ressaltar que, para a realização desta análise comparativa, foi sempre levado em consideração o impacto monetário dos problemas levantados e as poupanças associadas às sugestões apresentadas.

Por fim, no sétimo e último capítulo, a atenção é virada para o trabalho que é preciso continuar a desenvolver no futuro e são tecidas algumas considerações finais acerca do projeto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem como principal objetivo fazer uma revisão bibliográfica acerca das diversas temáticas que servirão de base a esta dissertação. Em primeiro lugar, será introduzido o *Lean Production* e explicadas as suas origens e como este se tornou o precursor do TPS. Aqui, serão também detalhados os princípios associados ao TPS e explicada a forma como este significou uma mudança de paradigma na indústria. Adicionalmente, serão abordados os seus princípios, as principais ferramentas orientadas à elevação do desempenho dos sistemas produtivos e os principais desperdícios a estes associados. Finalmente, será realizada uma revisão acerca do conceito de simulação, sendo também descrito um *software* em particular, o SIMIO.

2.1. *Lean Production*

Lean Production é a designação dada por Krafcik (1988) ao *Toyota Production System* e tornada popular no livro “*The Machine that Changed the World*” de Womack et al. (1990). Esta publicação concretiza uma análise comparativa entre os métodos produtivos utilizados pelas empresas japonesas e a produção em massa utilizada no ocidente, tendo-se concluído que o desempenho das primeiras, através da utilização do TPS, era largamente superior.

O *Lean Production* pode ser visto como uma evolução da produção em massa, sendo uma das similaridades o foco na redução de desperdício. Assim, o principal foco do *Lean* consiste na clarificação da diferença entre atividades que contribuem para adicionar valor ao produto e atividades que não acrescentam qualquer valor a este. Dito isto, a contínua identificação de desperdício e a sua eliminação é o principal mecanismo para a melhoria contínua, sendo este um fator chave em ambientes *Lean* (Carvalho, 2008).

Assim, o *Lean Production* é, de acordo com Maia, Alves and Leão (2014), um modelo de organização focado no cliente e na entrega atempada de produtos de qualidade, materiais e informação, sem nenhuns desperdícios, isto é, atividades que não acrescentam valor para os produtos do ponto de vista do cliente. Deste modo, a designação *Lean Production* significa “fazer mais com menos”, onde menos implica menos espaço ocupado, menos transportes, menos *stocks* e, mais importante, menos esforço humano e menor necessidade de utilização de recursos naturais.

2.1.1. Toyota Production System

O ponto de partida para o conceito de *Toyota Production System* foi o reconhecimento que o Japão, devido às marcas deixadas pela Segunda Guerra Mundial na sua economia, se encontrava em desvantagem competitiva para com os países do ocidente. Assim, de modo a superar esta diferença, era necessário que a indústria japonesa canalizasse os seus esforços para a produção de produtos com cada vez maior qualidade tendo um menor custo produtivo (Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa, 1977).

Apesar da tentativa, por parte de Eiji Toyoda, de implementar os princípios da produção em massa típicos do ocidente, as limitações em termos de capital e os baixos volumes que caracterizavam a indústria japonesa não justificavam a adoção de tal sistema. Deste modo, era necessário repensar o sistema produtivo da Toyota sendo que o principal impulsionador deste acontecimento foi Taiichi Ohno. De facto, este apontava duas principais falhas ao método utilizado pelo ocidente. Em primeiro lugar, a produção em massa levava à maior probabilidade de ocorrência de defeitos e à existência de inventários cada vez maiores e, em segundo lugar, este sistema não dava lugar à inclusão das preferências do cliente nos produtos (Holweg, 2007).

Assim, surge, idealizado por Ohno, o *Toyota Production System* cujo principal propósito reside na redução de custos e no aumento da produtividade, através da redução de todos os desperdícios inerentes ao sistema produtivo (Monden, 1998).

No entanto a concretização destes objetivos está alicerçada numa série de princípios que são frequentemente representados numa estrutura de fácil entendimento, denominada a casa TPS, estando esta disposta na Figura 1. Esta representação é utilizada pois, à semelhança do TPS, esta só será estável se todos os seus constituintes forem também estáveis (Liker & Morgan, 2006).

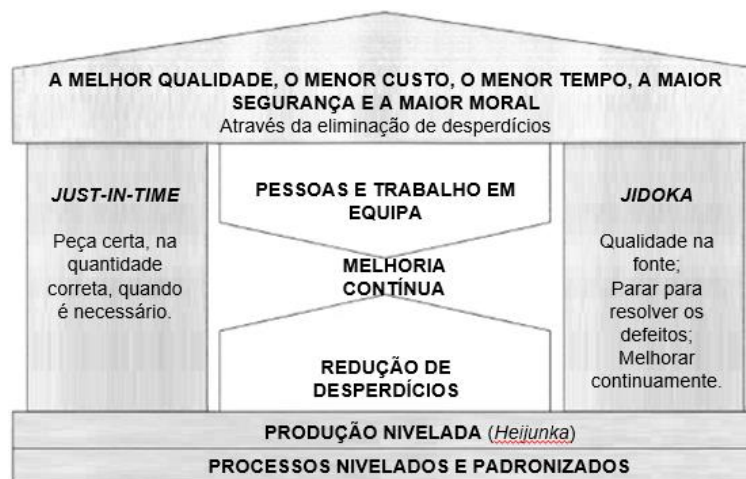


Figura 1 - Casa do TPS (Melton, 2005)

Através da análise da Figura 1 é possível, em primeiro lugar, verificar que o *Toyota Production System* está alicerçado em dois conceitos fundamentais: *Heijunka* e Processo Estáveis e Standardizados.

Segundo Liker and Morgan (2006), *Heijunka* significa nivelar. O objetivo é criar um fluxo nivelado de ordens de produção e de carga de trabalho. Quando esta premissa é atingida existe a oportunidade de standardizar processos. De facto, a uniformização torna os processos mais estáveis e previsíveis e, conseqüentemente, mais fáceis de gerir. A uniformização é, assim, um dos principais requisitos para a estabilidade dos processos (Pinto, 2008).

No que ao centro da casa diz respeito, verifica-se uma combinação entre a necessidade do trabalho em equipa e do respeito pelas pessoas e a redução de desperdícios por forma a atingir a melhoria continua ou, em japonês, o *Kaizen*. De facto, o respeito pelos trabalhadores é um dos principais aspetos que marcam a diferença entre o TPS e os sistemas outrora praticados. Sugimori *et al.* (1977) denominou o TPS de “*respect-for-human system*”, ou seja, um sistema produtivo onde os trabalhadores são encorajados a manifestar as suas capacidades na sua plenitude através de uma participação ativa.

Através do realce da importância de “Formar pessoas antes de fazer produtos”, Suzuki (1993) destaca, citado por Alves, Carvalho and Sousa (2012), que a gestão da produção no chão de fábrica deve confiar nos operadores para atingir a melhoria continua.

Assim, a Toyota implementou uma abordagem à resolução de problemas através da habilitação dos trabalhadores para tomar decisões sendo que estes são ensinados a tratar qualquer problema que surja como uma oportunidade de aprendizagem e encorajados a dar sugestões que possam conduzir à melhoria (Jayaram, Das, & Nicolae, 2010).

No que concerne ao teto da casa, os conceitos aí representados dizem respeito aos objetivos do TPS, ou seja, se todos os conceitos anteriormente mencionados forem levados a cabo será possível atingir o menor custo, a melhor qualidade, o menor *Lead Time*, melhor segurança e mais moral.

Finalmente, verifica-se que o Toyota Production System assenta em dois pilares técnicos fundamentais: *Jidoka* e *Just-In-Time*. Estes serão detalhados nas subsecções seguintes.

2.1.1.1. *Just-In-Time*

O primeiro pilar do TPS é o *Just-In-Time* (JIT) que, segundo Ohno (1988), significa que os componentes apenas são fornecidos no momento em que são necessários e nas quantidades requeridas. Se o JIT for implementado numa organização, inventários desnecessários serão

completamente eliminados e, por conseguinte, os custos relacionados com estes serão diminuídos.

Assim, o JIT é uma filosofia que pretende atingir a excelência através dos princípios da melhoria contínua e da redução de desperdícios. Dito isto, a diminuição dos níveis de inventário e o menor tempo de resposta aos pedidos dos clientes, são alguns dos benefícios associados ao *Just-In-Time* (Fullerton, McWatters, & Fawson, 2003).

Contudo, é extremamente difícil concretizar esta filosofia se a abordagem de planeamento da produção for *push* (Monden, 1998). De facto, a implementação de um sistema *pull* constitui uma das principais premissas associadas ao JIT. Ao contrário do que é preconizado pela produção *push*, onde a data de início de uma operação é obtida através da subtração entre o momento em que esta deve estar finalizada e um dado Lead Time, um sistema de produção *pull* caracteriza-se pelos postos de trabalho a jusante retirarem materiais das estações de trabalho a montante à medida que vão necessitando, evitando assim que seja produzida uma maior quantidade do que aquela que é efetivamente necessária (Spearman & Zazanis, 1992). Deste modo, e como de um efeito bola de neve se tratasse, o processo de onde foram retirados materiais irá repô-los, retirando, obviamente, os materiais requeridos do processo a montante e assim sucessivamente até ao início do sistema produtivo (Sugimori et al., 1977).

Adicionalmente, para garantir uma correta implementação do JIT é também necessário ter em conta, aquando do planeamento da produção, o *Takt Time*. Proveniente do alemão, *Takt Time* significa ritmo ou batida. Adaptando o conceito ao contexto de um sistema de produção, este não é mais do que o ritmo da procura do cliente ou, por outras palavras, o ritmo a que o cliente está a comprar produto. Assim, o *Takt Time* pode ser usado para marcar a cadência de produção e para alertar os trabalhadores se estes estiverem adiantados ou atrasados relativamente a este (Liker, 2004). De facto, tudo num sistema produtivo deve ser baseado no *Takt Time*, pois ele é o reflexo da procura do cliente (Feld, 2001).

Assim, de acordo com Ohno (1988), este pode ser determinado através da Equação 1.

$$\mathbf{Takt\ Time} = \frac{\mathbf{Tempo\ disponivel\ por\ dia}}{\mathbf{Procura\ diária}} \quad (1)$$

No que ao numerador diz respeito, este significa o tempo que está disponível para a produção. No que concerne ao denominador, este reflete as necessidades de produção, normalmente

ditadas pelos pedidos do cliente. Assim, o resultado deste quociente ditará de quanto em quanto tempo é que terá de ser produzido um produto de modo a satisfazer as necessidades do cliente.

No entanto, não é possível falar de *Takt Time* sem referir um conceito que “anda de mãos dadas” com este, o Tempo de Ciclo. De facto, como refere Feld (2001), este é frequentemente confundido com o *Takt Time* sendo, no entanto, determinado de forma totalmente distinta. Assim, o Tempo de Ciclo consiste no tempo necessário para completar um ciclo de uma operação ou processo (Feld, 2001). De ressaltar que, é a estação de trabalho mais demorada que determina o Tempo de Ciclo, ou seja, é ela que define de quanto em quanto tempo é que um processo é capaz de entregar um produto.

Assim, como refere Pinto (2008), num processo balanceado, ou seja, um processo em que todos os intervenientes tenham a mesma carga de trabalho e, por conseguinte, o mesmo tempo de ciclo, este nunca deve ser superior ao *Takt Time*.

Finalmente, outro conceito intimamente associado a uma bem-sucedida implementação do JIT é o *One Piece Flow* ou, por outras palavras, a implementação de um sistema de fluxo contínuo. De acordo com Sugimori *et al.* (1977), este significa que todos os processos devem-se aproximar da condição de produzir apenas uma peça e, adicionalmente, ter apenas uma peça em *stock* entre processos. Isto significa que nenhum processo tem autorização para produzir uma quantidade extra nem para ter *stock* adicional entre processos.

Assim, conforme refere Carvalho (2000), a filosofia JIT tem como principal objetivo diminuir o máximo o inventário, ou seja, a quantidade de existências sem por em causa o bom funcionamento da organização.

2.1.1.2. *Jidoka*

O segundo pilar do *Toyota Production System* é o *Jidoka*, ou *Autonomation*, que, segundo Monden (1998), significa o controlo automático de defeitos. Este conceito suporta o JIT através da não permissão da passagem de unidades defeituosas da operação a montante para a operação a jusante.

O *Jidoka* representa, assim, a conferência de inteligência humana à máquina. Esta manifesta-se através da capacidade da máquina detetar um desvio em relação a um *standard* e parar enquanto espera por ajuda. Assim, através da paragem aquando da existência de problemas, estes são contidos extinguindo-se a possibilidade da sua propagação que, eventualmente, poderia resultar num defeito para o cliente (Liker & Morgan, 2006).

Contudo, as paragens de linhas de produção podem ser bastante dispendiosas. No entanto, como citado por Grout and Toussaint (2010), Ohno (1988) descobriu que, no longo prazo, estas paragens e a resolução dos problemas associados às mesmas poderiam ser benéficas. De facto, associada a estas interrupções está a resolução de problemas que, à medida que o tempo passa, conduzirá a um menor número de paragens e, conseqüentemente, a uma melhoria na qualidade. Dito isto, ferramentas como *Poke-Yoke* e *Andon*, destinadas à prevenção da ocorrência de erros, são fundamentais para uma bem-sucedida implementação do *Jidoka*.

Se os segundos serão definidos posteriormente, de acordo com Robinson (1997), a palavra *poke-yoke* vem da junção de duas palavras japoneas. A primeira, *poke*, significa erro ao passo que a segunda, *yoke*, significa prevenção. Assim, a ideia de *Poke-Yoke* é desenhar o processo de modo a que erros sejam impossíveis ou pelo menos facilmente detetados e corrigidos. Deste modo, ainda segundo Robinson (1997), existem duas categorias distintas de *Poke-Yokes*. Em primeiro lugar, existem os *poke-yokes* de prevenção, que são dispositivos que são desenhados de modo a que tornem o erro impossível de ocorrer. Assim, estes removem a necessidade de corrigir um erro, visto que a sua ocorrência não é possível. Em segundo lugar, existem os *poke-yokes* de deteção, que emitem um sinal quando um erro acontece, de modo a que este possa ser corrigido rapidamente.

2.1.2. Os sete desperdícios

Através da observação da casa do TPS exibida anteriormente, é possível verificar que, no centro desta, está a redução de desperdícios. Como sugere Melton (2005), toda a atividade que não acrescente valor para o cliente final é considerada desperdício. Algumas vezes, o desperdício é uma parte necessária do processo, adicionando valor à empresa e, por conseguinte, não podendo ser eliminado.

Num processo típico, o desperdício pode representar até 95% do tempo total. Tradicionalmente, as empresas orientam os seus esforços de aumento de produtividade para a componente (5%) que acrescenta valor, ignorando o enorme potencial de ganho que pode ser obtido se a atenção for direcionada para as atividades que não acrescentam valor (Pinto, 2008).

De facto, quando se pensa em desperdício, é útil definir os três tipos de atividades que podem ser encontradas numa organização. Em primeiro lugar, existem as atividades que acrescentam valor (5%) que, por outras palavras, são aquelas que, aos olhos do cliente final, tornam o produto mais valioso. Em segundo lugar, devem ser consideradas as atividades (35%) que, não acrescentando valor, são necessárias a não ser que o processo seja radicalmente alterado.

Finalmente, encontram-se as atividades (65%) que, na perspetiva do cliente, não acrescentam valor ao produto final e não se afiguram como necessárias ao processo produtivo. Efetivamente, estas atividades devem ser imediatamente removidas, ao contrário das segundas, que constituem um maior desafio de remoção (Hines & Taylor, 2000).

Dito isto, Ohno (1988) descreveu os sete principais tipos de desperdícios existentes num sistema produtivo, estando estes dispostos na Figura 2.

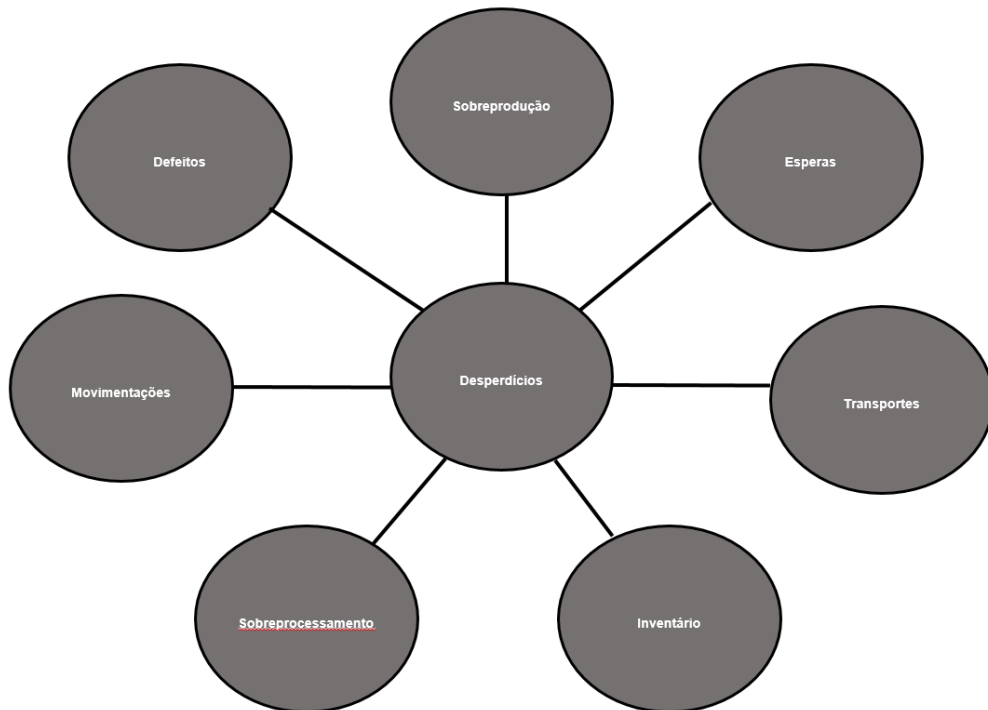


Figura 2- Os Sete Desperdícios (adaptado de Melton (2005))

- **Sobreprodução:** Consiste em produzir excessivamente ou cedo demais, resultando em fluxos irregulares de materiais e informação, ou em excesso de *stocks* (Pinto, 2008).

De facto, Ohno (1988) considera que não há desperdício mais terrível do que este pois a sua presença poderá resultar no surgimento dos restantes seis tipos de desperdícios. Com efeito, o volume de produção excessivo terá de ser transportado, armazenado, inspecionado e, muito provavelmente, conterà algumas unidades defeituosas (Wilson, 2010)

Assim, a adoção da filosofia JIT e a implementação de sistemas *Kanban* pode afigurar-se como uma boa abordagem para a não ocorrência deste desperdício.

- **Esperas:** De acordo com Liker (2004), esperas ocorrem quando existem operadores apenas destinados à observação de máquinas automáticas ou quando os trabalhadores

têm de esperar pelo processo a jusante, por ferramentas, por fornecimento de material, etc. Estas também podem acontecer quando um operador não tem trabalho devido a atrasos de produção, quebras de *stock* e falhas de equipamentos.

- **Transportes:** Transporte é qualquer movimentação ou transferência de materiais, partes montadas ou peças acabadas, de um sítio para outro por alguma razão. Os sistemas de transporte e movimentação causam efeitos negativos, pelo que, para reduzi-los, é necessário corrigir *layouts*, alterar o planeamento das operações e optar por sistemas de transporte mais flexíveis (Amaro & Pinto, 2007).
- **Inventário:** Este desperdício consiste no excesso de inventário matérias-primas, produto intermédio (WIP) e produto acabado causando *Lead-Times* mais longos, obsolescência, danificação de matérias e maiores custos de transporte e de armazenamento (Liker, 2004).

De facto, o inventário esconde os problemas reais de uma empresa. Se os níveis deste forem reduzidos, certamente que a organização irá descobrir as suas verdadeiras fraquezas (Carvalho, 2000).

- **Sobreprocessamento ou Processamento Incorreto:** Consiste em realizar mais operações do que aquelas que são requeridas pelo cliente em termos de qualidade do produto e suas características (El-Namrouty & Abushaaban, 2013). Assim, como refere Melton (2005), este desperdício consiste nas atividades que não acrescentam qualquer valor ao produto. Este desperdício é frequentemente criado no processo de *design*. No entanto, a escolha de equipamentos inadequados pode também gerar este desperdício (Wilson, 2010).
- **Movimentações:** Qualquer movimentação que os trabalhadores tenham de executar no seu trabalho, tais como procurar por materiais ou ferramentas, constituem um desperdício (Liker, 2004). Assim, as movimentações referem-se aos movimentos extra que os trabalhadores têm de realizar para contornar *layouts* ineficientes, defeitos, reprocessamentos, sobreprodução ou excesso de inventário. Os movimentos constituem tempo que não acrescenta qualquer valor ao produto ou serviço (Hicks, 2007).
- **Defeitos:** De acordo com Villiers (2008), é defeituoso todo o produto que contenha erros, retrabalho ou falta de algum elemento necessário. Assim, este desperdício contribui para o custo da má qualidade, que pode advir de erros no *design* do produto, treino insuficiente dos trabalhadores, inexistência de métodos standardizados de

trabalho. De facto, como refere Ohno (1988), citado por Wilson (2010), não importa contabilizar apenas os produtos defeituosos que foram produzidos, mas também o esforço e materiais necessários para os produzir. Assim, ele não só lamentava a perda de um produto, mas também o facto de as pessoas terem perdido tempo valioso e energia para o produzir.

No entanto, de acordo com Liker (2004) existe ainda um oitavo desperdício que diz respeito ao não aproveitamento do potencial humano. Deste modo, oportunidades de crescimento são perdidas por não prestar atenção às ideias e criatividade dos trabalhadores.

Contudo, estes não são os únicos tipos de desperdícios que podem ser identificados. De facto, além dos anteriormente apresentados, denominados *Muda*, existem ainda, como refere Liker (2004), outros dois tipos de desperdícios que é necessário erradicar, *Muri e Mura*.

Assim, segundo Liker (2004), *Muri* significa sobrecarga, ou seja, a utilização de uma pessoa ou máquina para além daquilo que são os seus limites. A sobreutilização de uma pessoa leva a problemas de segurança e de qualidade sendo que, no que à sobrecarga de uma máquina diz respeito, esta poderá levar à ocorrência de avarias e defeitos.

No que concerne ao *Mura*, conforme afirma Coimbra (2009), este significa variabilidade, representando a falta de estabilidade e fiabilidade. Assim, uma quantidade excessiva de *Mura* significa demasiadas variações inesperadas a cada momento.

Deste modo, de acordo com Liker (2004), este pode ser visto como a causa dos restantes M's. Este resulta de uma irregular programação da produção ou de uma flutuação dos volumes de produção. É interessante verificar que o foco na eliminação do *Muda* consiste na mais comum abordagem aquando da implementação de ferramentas *Lean* visto ser relativamente simples identificar e eliminar desperdícios. Contudo, muitas organizações falham naquilo que é o passo mais complexo, a estabilização e uniformização dos seus processos produtivos. Este é o conceito de *Heijunka* que é fundamental para a eliminação *Mura* e, consequentemente do *Muri* e do *Muda* (Liker, 2004).

2.1.3. Princípios *Lean Thinking*

Nos primórdios da consciencialização do *Lean Production*, a maior parte dos esforços das organizações centravam-se na exclusiva aplicação das suas ferramentas, tendo a sua aplicação se tornado difícil de sustentar. Assim, uma mudança na cultura organizacional foi necessária, tendo surgido através do livro “*Lean Thinking: banish waste and create wealth in your*

corporation”, de Womack and Jones (1996) que define os cinco princípios fundamentais que devem nortear uma “transformação *Lean*” (Yamamoto & Bellgran, 2010). Estes são denominados os cinco princípios do *Lean Thinking*, e são os seguintes:

I. Valor

Refere-se às características dos produtos ou serviços que satisfazem as necessidades e expectativas dos clientes (Pinto, 2008). Deste modo, de acordo com Apte and Kang (2006), este refere-se à característica ou função pela qual o cliente está disposto a pagar. Deste modo, todas as restantes operações que não acrescentam valor ao produto são consideradas desperdício. Assim, como refere Tyagi, Choudhary, Cai and Yang (2014), o valor apenas pode ser definido pelo cliente, e pode ser utilizado para medir a eficiência do produtor quando o produto é entregue a um preço razoável, no momento apropriado e nas quantidades corretas.

II. Identificar a Cadeia de Valor

A cadeia de valor representa todas as atividades de valor acrescentado e de não valor acrescentado que são necessárias para entregar um produto, desde o pedido do cliente até à sua entrega (Karen & Osterling, 2007). Como foi anteriormente referido é possível identificar três tipos de atividades num sistema produtivo. Estas são as atividades que efetivamente acrescentam valor ao produto, as que não acrescentando valor são necessárias à produção e, por fim, aquelas que não acrescentam valor e cuja existência deve ser eliminada.

Assim, a cadeia de valor é o veículo que permite entregar valor aos clientes. É a sequência de processos que desenvolvem, produzem e entregam os resultados desejados. O *Lean Thinking* pretende racionalizar cada etapa dos processos (Pinto, 2008).

Com o objetivo de obter uma visualização global da cadeia de valor e ajudar as organizações a identificar oportunidades de melhoria de desempenho através da eliminação de desperdícios, é usualmente utilizado o *Value Stream Mapping* (Karen & Osterling, 2007).

III. Criação de Fluxo

Organiza-se a cadeia de valor para eliminar qualquer parte do processo que não acrescente valor, tornando o processo o mais fluido possível. A ideia de criar um fluxo contínuo é poder fabricar os produtos ou serviços ao ritmo a que são pedidos pelo cliente (Pinto, 2008).

O conceito de fluxo é produzir idealmente em *one-piece-flow* desde as matérias-primas até aos produtos acabados, movendo-os um a um para a estação de trabalho seguinte sem tempos de espera (Lian & Landeghem, 2002). Atingir esta premissa requer normalmente a introdução de novos tipos de organizações ou tecnologias livrando o sistema de obstruções cuja escala e complexidade possam obrigar a trabalhar em lotes (Canada, 2004).

IV. Produção Pull

Como já foi referido anteriormente, a produção *pull* baseia-se na ideia de que a produção apenas inicia aquando da existência de ordem do cliente, ou seja, é o cliente que dá ordem para o início da produção. A produção *pull* é um fator chave em muitos sistemas de produção, sendo uma estratégia necessária para quando ainda não é possível atingir um fluxo contínuo. Assim, a produção *pull* assenta no conceito em que o processo a jusante não produz nada até que o processo a montante dê ordem para tal (Karen & Osterling, 2007).

V. Busca da Perfeição

A perfeição traduz-se na completa eliminação do desperdício. A este nível, só as atividades que acrescentam valor estão presentes nos processos. É o compromisso de continuamente procurar os meios ideais para criar valor enquanto o desperdício é eliminado. Trata-se de uma jornada de *Kaizen* (Pinto, 2008). Na busca pela perfeição, quanto mais uma organização trabalhe nos quatro princípios anteriormente mencionados, maior será a facilidade em identificar oportunidades adicionais de melhoria (Karen & Osterling, 2007).

Assim, perfeição significa produzir exatamente o que é pedido pelo cliente, no prazo estabelecido, ao preço definido e com o mínimo de desperdício possível (Womack & Jones, 1997).

2.1.4. Ferramentas e Técnicas Lean Production

Os princípios do *Lean Thinking* anteriormente enunciados estão alicerçados em diversas ferramentas e metodologias que serão apresentadas ao longo desta secção. No entanto, como refere Pinto (2008), antes da utilização destas técnicas e ferramentas, a aplicação dos conceitos associados à filosofia Lean requer uma mudança cultural dentro da organização, e uma postura para querer mudar.

De facto, de acordo com Picchi (2003), diversos autores apontam para a necessidade de uma compreensão integrada das ferramentas e da filosofia que deve estar por detrás das mesmas, quando se pretende implementar o *Lean Production* numa organização.

Deste modo, para uma bem sucedida aplicação destas ferramentas, é necessário o suporte de toda a organização, desde a gestão de topo até aos operadores, de modo a convencer todos os envolvidos das melhorias que será possível alcançar adotando esta filosofia. Este ponto é de extrema relevância pois a introdução do *Lean Production* envolve uma série de mudanças bruscas sendo que, as pessoas estarão menos relutantes à mudança se estiverem cientes dos resultados que esta produzirá (Veza, Gjeldum, & Celent, 2011).

Tendo isto em consideração, serão, nas subsecções seguintes, apresentadas algumas das ferramentas associadas ao *Lean Production*.

2.1.4.1. Value Stream Mapping

O *Value Stream Mapping* (VSM) ou, em português, o Mapeamento da Cadeia de Valor é uma ferramenta desenvolvida por Rother and Shook (1999), primeiramente introduzida no livro “*Learning to See: Value Stream Mapping to add value and eliminate muda*”.

De acordo com Rother and Shook (1999), o VSM consiste numa ferramenta que permite ver e perceber o fluxo de informação e de materiais de um produto ao longo da cadeia de valor. Assim, de uma forma simples, o que se pretende ao mapear a cadeia de valor é seguir o percurso produtivo de um produto, desde os fornecedores até ao cliente, e desenhar uma representação visual de todos os processos.

De facto, como o VSM é uma ferramenta que envolve todas as operações do processo, tanto as que acrescentam valor ao produto com aquelas que não possuem valor acrescentado são analisadas de modo a identificar desperdícios escondidos e as suas possíveis fontes (Rahani, 2012).

Assim, o *Value Stream Mapping* permite mapear toda a cadeia de valor, identificando os *bottlenecks* que não permitem que o sistema produza aquilo que o cliente quer, quando quer, desenvolvendo uma visão de futuro daquilo que o sistema produtivo deve ser (Canada, 2004).

Para o efeito, e de modo a que, como já foi referido, o mapeamento seja realizado de um modo visual, o Value Stream Mapping socorre-se de uma variedade de símbolos. Na Figura 3 é possível visualizar uma descrição dos principais elementos que compõem a simbologia do VSM.

Material Icons	Represents	Notes	Material Icons	Represents	Notes
	Manufacturing Process	One process box equals an area of flow. All processes should be labeled. Also used for departments, such as Production Control.		Withdrawal	Pull of materials, usually from a supermarket.
	Outside Sources	Used to show customers, suppliers, and outside manufacturing processes.		Transfer of controlled quantities of material between processes in a "First-In-First-Out" sequence.	Indicates a device to limit quantity and ensure FIFO flow of material between processes. Maximum quantity should be noted.
	Data Box	Used to record information concerning a manufacturing process, department, customer, etc.	Information Icons		
	Inventory	Count and time should be noted.		Manual Information flow	For example: production schedule or shipping schedule.
	Truck Shipment	Note frequency of shipments.		Electronic Information flow	For example via electronic data interchange.
	Movement of production material by PUSH	Material that is produced and moved forward before the next process needs it; usually based on a schedule.		Information	Describes an information flow.
	Movement of finished goods to the customer			Production Kanban (dotted line indicates kanban path)	The "one-per-container" kanban. Card or device that tells a process how many of what can be produced and gives permission to do so.
	Supermarket	A controlled inventory of parts that is used to schedule production at an upstream process.		Withdrawal Kanban	Card or device that instructs the material handler to get and transfer parts (i.e. from a supermarket to the consuming process).
				Signal Kanban	The "one-per-batch" kanban. Signals when a reorder point is reached and another batch needs to be produced. Used where supplying process must produce in batches because changeovers are required.
			Information Icons		
				Sequenced-Pull Ball	Gives instruction to immediately produce a predetermined type and quantity, typically one unit. A pull system for subassembly processes without using a supermarket.
				Kanban Post	Place where kanban are collected and held for conveyance.
				Kanban Arriving in Batches	
				Load Leveling	Tool to intercept batches of kanban and level the volume and mix of them over a period of time.
				"Go See" Production Scheduling	Adjusting schedules based on checking inventory levels.

Figura 3 - Simbologia VSM (Rother and Shook (1999))

De acordo com Rother and Shook (1999), a elaboração de um Value Stream Mapping compreende quatro etapas distintas:

- 1) Selecionar uma família de produtos:** De acordo com Rother and Shook (1999), este é um ponto que deve ser claramente definido antes de se começar a desenhar o VSM. De facto, interessa centrar a análise nos produtos mais significativos porque a aplicação de melhorias proporcionará ganhos superiores.

De modo a proceder a esta identificação, é possível recorrer a uma Análise de Pareto ou Análise ABC. Esta análise baseia-se no princípio de Pareto que diz que apenas 20% dos produtos são responsáveis por 80% da produção. Assim, o

objetivo consiste na classificação dos produtos em três categorias (A, B e C) de acordo com a sua importância para a organização.

- 2) **Mapear a Situação Atual:** Definida a família de produtos que irá ser analisada, é tempo de proceder ao mapeamento da situação atual. Este, como afirma Abdulmalek and Rajgopal (2006), é essencialmente uma fotografia de como as coisas estão a ser feitas atualmente. Este mapa é conseguido andando pelo sistema, providenciando uma base para analisar o sistema e as suas debilidades. Na Figura 4 é possível visualizar um exemplo deste mapeamento.

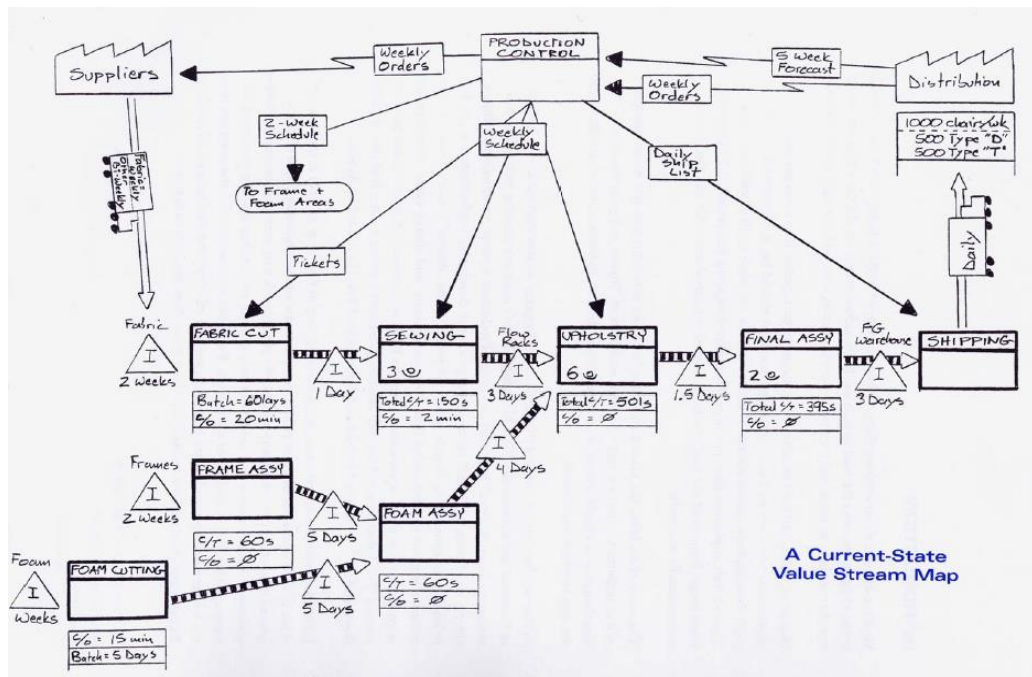


Figura 4 - Exemplo de Mapeamento da Situação Atual utilizando VSM (Rother & Shook, 1999)

- 3) **Mapear a Situação Futura:** Finda a etapa anterior é tempo de realizar o mapeamento da situação ideal do sistema. Como refere Jones and Womack (2003), assim que a situação atual está mapeada surge a pergunta “O que é que deve ser feito para criar um estado futuro mais eficiente?”.

Assim, como sugerido por Rother and Shook (1999), o principal propósito do VSM consiste em realçar as principais fontes de desperdício, eliminando-as através da implementação de um VSM traduzindo o estado futuro pretendido para o sistema. Assim, o objetivo é construir um sistema produtivo onde os processos estão ligados ao cliente, tanto por fluxo contínuo como através da produção *pull*, ficando, assim, o sistema mais próximo de produzir apenas o que o cliente quer no momento em que é necessário.

Assim, este mapa contém a base para as mudanças que devem ser realizadas no sistema (Abdulmalek & Rajgopal, 2006).

Deste modo, na Figura 5 é apresentado um exemplo deste mapeamento. Este contém melhorias relativas ao mapeamento exibido na Figura 4.

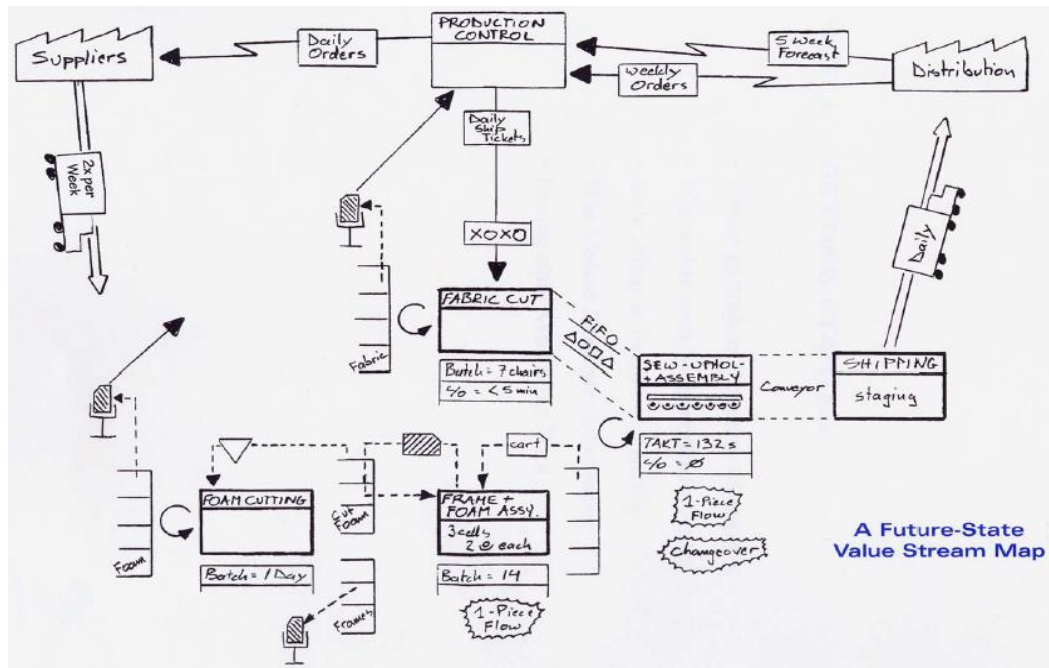


Figura 5 - Exemplo de Mapeamento da Situação Futura utilizando VSM (Rother & Shook , 1999)

4) Implementação de Ações de Melhoria: Por fim, é desenvolvido um plano de ações de melhoria que permita atingir o sistema produtivo idealizado anteriormente (Rother & Shook, 1999).

No entanto, é importante ressaltar que esta ferramenta também tem algumas lacunas. De facto, a inability para mapear diferentes percursos produtivos, a inexistência de indicadores económicos, a ausência de uma representação do layout e a não inclusão da *Bill-of-Materials* são algumas das ineficiências apontadas ao *Value Stream Mapping*. Adicionalmente, a não quantificação dos desperdícios de transporte e a dificuldade de observação da sobreprodução, esperas e movimentações desnecessárias são também identificadas como problemas associados a esta ferramenta (Carvalho et al., 2015).

2.1.4.2 Standard Work

O *Standard Work*, ou trabalho normalizado, é, segundo Ohno (1988), um dos principais alicerces do Kaizen, ou seja, da melhoria contínua. De facto, este proferiu a seguinte afirmação: “Where there is no standard work, there can be no improvement”.

De acordo com Pinto (2008), standardizar, uniformizar ou normalizar, significa fazerem todos do mesmo modo, seguindo a mesma sequência, as mesmas operações e utilizando as mesmas ferramentas o que é garantido através da documentação dos processos. De facto, as vantagens desta abordagem são muitas, das quais se destacam o aumento da previsibilidade dos processos, redução de desvios e menores custos. Processos uniformizados podem ainda ser comparados com as melhores práticas e deste modo contribuir para a melhoria contínua. Neste domínio, a uniformização e a formalização são contributos fundamentais para o *Lean Thinking*.

Dito isto, a implementação do standard work compreende, segundo Monden (1998), três elementos fundamentais:

- **Tempo de Ciclo Normalizado**
- **Sequência de Trabalho Normalizada**
- **Quantidade de WIP Normalizada**

No que ao primeiro diz respeito, como anteriormente mencionado, é importante que o Tempo de Ciclo esteja alinhado com o *Takt Time*, de modo a que o sistema produtivo seja capaz de satisfazer as necessidades do cliente. De seguida, é necessário garantir uma sequência de trabalho normalizada que, como refere Monden (1998), consiste na ordem de ações que um operador deve executar dentro de um determinado Tempo de Ciclo. Esta rotina tem dois propósitos diferentes pois além de providenciar ao operador a ordem pela qual deve pegar no material, colocá-lo na máquina e passa-lo para o posto seguinte, também define a sequência pela qual um operador multifuncional deve executar as suas operações nas diversas máquinas, dentro do Tempo de Ciclo.

Finalmente, a quantidade de stock intermédio normalizada diz respeito, segundo Monden (1998), à mínima necessidade de WIP na linha de produção, de modo a garantir um fluxo contínuo de produção. De ressaltar que este stock intermédio deve ser o mínimo possível pois, além de levar a uma diminuição dos custos associados à sua posse, facilitará a melhoria do processo pois os desperdícios tornar-se-ão mais evidentes.

2.1.4.3 Gestão Visual

A gestão Japonesa, ao contrário das práticas ocidentais, optou pela adoção de princípios simples e baseados em pessoas. Assim, a gestão visual requer que todo o local de trabalho disponha de sinais (sonoros ou visuais) que informem as pessoas do que fazer, quando fazer, o que está a correr mal e quem precisa de ajuda (Pinto, 2008).

Assim, um sistema de gestão visual consiste num sistema que recolhe dados do processo, transforma-os em *Key Performance Indicators* (KPI), e disponibiliza informação crítica de modo a que qualquer pessoa que entre numa estação de trabalho, mesmo não estando familiarizada com os detalhes do processo, consiga rapidamente perceber o que se passa e distinguir aquilo que está sob controlo daquilo que não está. Deste modo, o estado atual do processo consegue ser imediatamente avaliado (Wojakowski, 2013).

De acordo com Pinto (2008), exemplos de mecanismos de controlo visual são sinais luminosos, sinais sonoros, marcas pintadas no pavimento, etiquetas a indicar algo, etc. Adicionalmente, importa ressaltar uma das principais ferramentas de suporte à gestão visual, os mecanismos *Andon*. Segundo Ohno (1988), estes são indicadores luminosos colocados nos equipamentos com a finalidade de controlo produtivo. Este é assegurado através das três cores constituintes dos sistemas *Andon*, que fornecem informações acerca dos diferentes estados do processo.

Deste modo, a importância da gestão visual reside na forma como se torna visíveis as atividades de melhoria, os problemas, o estado do processo e as regras operacionais (Feld, 2001).

2.1.4.4 Kanban

De acordo com Ohno (1988), o sistema *Kanban* consiste no método operativo do *Toyota Production System*. Assim, como refere Liker (2004), o sistema *Kanban* (cartão em japonês) é um sistema para gerir e garantir o fluxo e produção de produtos num sistema *Just-In-Time*.

Deste modo, o *Kanban* é um mecanismo de gerir sistemas produtivos que seguem uma abordagem *pull*. Neste tipo de abordagem, o posto de trabalho a montante apenas deverá produzir o que lhe é pedido a jusante, e assim sucessivamente. Posto isto, o sistema *Kanban*, que foi criado com a finalidade de a um cartão se associar uma necessidade de entrega de uma determinada quantidade de peças, e a outro cartão semelhante se vincular a necessidade de produzir a quantidade requerida das mesmas, surge associado a um mecanismo capaz de estabelecer o fluxo de informação de necessidades do posto a jusante ao posto a montante (Carvalho, 2000).

Deste modo, a ênfase é colocada no *output* ao invés do *input*, de tal forma que o fluxo de operações é comandado pelo último posto de trabalho (cliente final). Este recebe o programa de produção e, à medida que vai consumindo as peças necessárias, vai autorizando as restantes estações de trabalho a fabricar novos lotes. Esta autorização é realizada pelo cartão *Kanban* (Pinto, 2008).

Na Figura 6 é possível visualizar uma representação do funcionamento deste sistema.

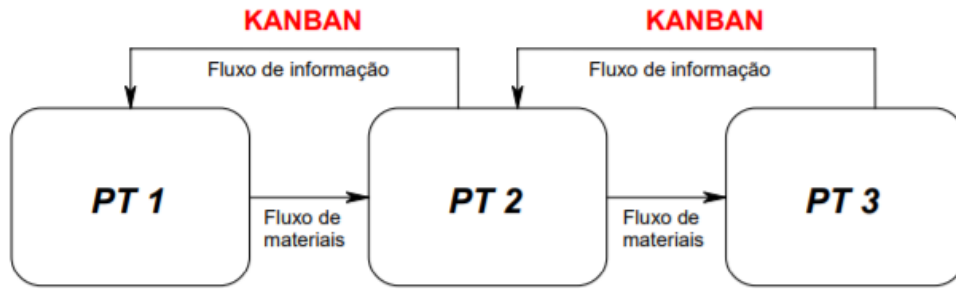


Figura 6- Modo de funcionamento geral de um Kanban (fonte: (Carvalho,2000))

Um *Kanban* pode, assim, ser diferenciado de acordo com as diferentes funções que podem executar num sistema produtivo. Assim, como salienta Pinto (2008), é possível encontrar *Kanbans* de Produção, em que nenhuma operação de fabrico é autorizada sem a sua presença, e *Kanbans* de Transporte, em que nenhuma operação de transporte é executada sem a presença deste. Estes contêm as mesmas informações que os anteriores, acrescentado da indicação do centro de produção de destino.

De acordo com Villiers (2008), os sistemas *Kanban* têm quatro funções fundamentais. Em primeiro lugar, estes providenciam um sistema nervoso autónomo para a organização. De facto, quando estes cartões são retirados e enviados para os processos a montante, um fluxo de informação de peças consumidas é criado. Assim, quando um *Kanban* é colocado no processo produtivo, este sinaliza necessidade de produção, dizendo exatamente a quantidade e o tipo de peças que é necessário produzir. Em segundo lugar, um dos principais atributos destes sistemas é o controlo da sobreprodução. Apenas o *Kanban* pode dar autorização para começar a produção, estando a quantidade a produzir limitada ao número de cartões. Deste modo, num sistema corretamente dimensionado, a sobreprodução não é uma realidade.

Em terceiro lugar, estes fornecem um importante contributo para a gestão visual pois a informação, ou seja, o *Kanban* está ligado ao material, funcionando como controlo visual daquilo que está a ser produzido e em que sequência. Por fim, mas não menos importante, o sistema *Kanban* está intimamente ligado ao *Kaizen*, ou seja, à melhoria contínua. Isto é facilmente explicável pois, cada cartão que é removido do sistema obriga a uma melhor ligação entre os processos, à redução de tempos de *setup* e de tamanhos de lote e a uma melhoria da qualidade. Deste modo, a constante redução de *Kanbans* pode ser uma medida efetiva do progresso *Lean*.

Finalmente, como refere Carvalho (2000), a implementação de um sistema deste tipo está dependente de algumas condições, muitas delas coincidentes às regras de bom funcionamento

da filosofia JIT. Estas são a necessidade de uma boa implantação de postos de trabalho, necessidade de tempos de setup reduzidos, supressão de imprevistos, desenvolvimento e extensão de relações cliente/fornecedor a todo o processo, necessidade de polivalência dos trabalhadores, os operadores terão de ser capazes de mudar de estação de trabalho e realizar afinações e operações simples de manutenção sempre que necessário e, por fim, a necessidade de evolução ao nível dos produtos, isto é, torna-se necessário normalizar os componentes e subconjuntos levando a uma diminuição do número de referências existentes e na variedade de *Kanbans*.

Em jeito de conclusão, a implementação de um sistema *Kanban* deve ser dos últimos passos a dar no processo de implementação da filosofia JIT. As tentativas de implementação deste sistema sem a devida preparação do processo produtivo pode levar a situações complicadas do ponto de vista da gestão, provocando o descrédito das pessoas no sistema. Isto acontece pois o sistema torna, muito rapidamente, visíveis os problemas, exigindo uma boa preparação por parte da gestão de operações para os resolver (Pinto, 2008).

2.1.4.5 FIFO LANE

Os sistemas *pull* são uma forma bastante eficaz de controlar a produção entre processos que não podem ser acoplados num fluxo contínuo. Contudo, por vezes não é viável o armazenamento de todas as variantes existentes de um produto num supermercado. Assim, em alguns casos, é possível utilizar uma FIFO LANE entre dois processos desacoplados como alternativa. Esta pode ser definida como uma rampa que apenas pode albergar uma determinada quantidade de *stock*. Se a FIFO LANE ficar cheia, o processo fornecedor terá de parar a produção até o processo cliente consumir algum do inventário (Rother & Shook, 1999).

De ressaltar que, como o próprio nome indica, o *stock* presente na FIFO LANE seguirá as regras do *First-In-First-Out* (FIFO), ou seja, o primeiro produto a entrar na rampa terá de ser o primeiro a ser retirado desta. Assim, como refere Romano (2008), uma FIFO LANE contém uma quantidade constante de *stock* numa sequência FIFO e está localizada entre o processo fornecedor e o processo cliente. Esta pode ser encarada como um mecanismo para prevenir a sobreprodução por parte do processo a jusante, pois esta, se a sua capacidade de armazenamento for atingida, obrigará o processo a montante a interromper a sua produção. O funcionamento deste sistema está ilustrado na Figura 7.

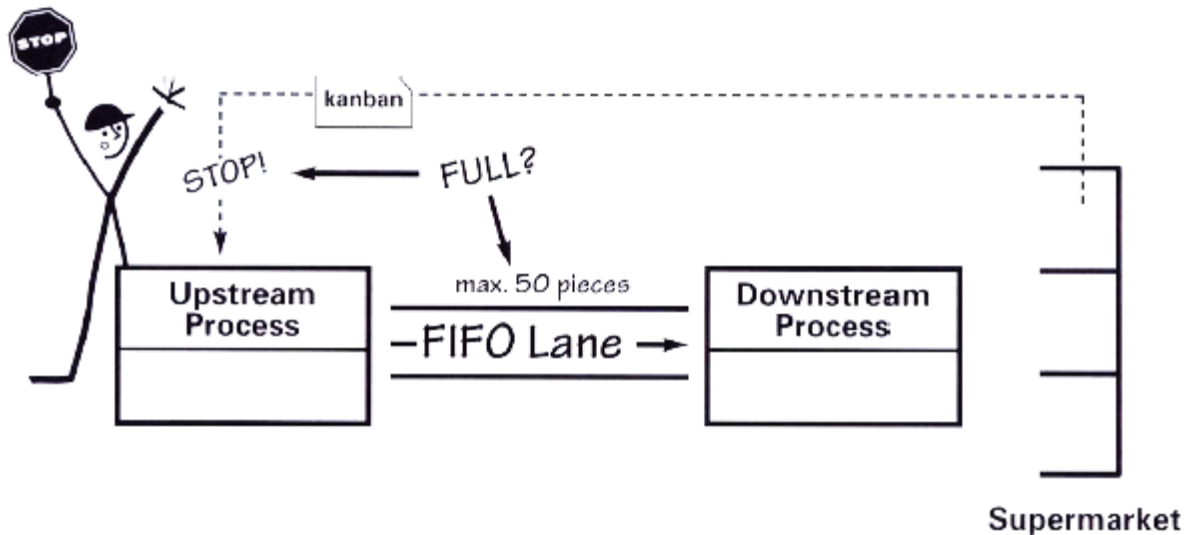


Figura 7 - Funcionamento de uma FIFO LANE (Rother and Shook, 1999)

2.3. Simulação

Segundo Shannon (1998), a simulação constitui uma das mais poderosas ferramentas disponíveis orientadas ao *design* e criação de sistemas de complexidade elevada. Assim, esta torna possível o estudo, análise e avaliação de situações que, de outra forma, não seria possível avaliar. Deste modo, num mundo cada vez mais competitivo, a utilização da simulação, orientada à resolução de problemas, tornou-se uma ferramenta indispensável para engenheiros, *designers* e gestores.

Assim, ainda de acordo com Shannon (1998), a simulação pode ser definida como o processo de desenhar um modelo de um sistema real e submetê-lo a experiências com o objetivo de perceber o comportamento do sistema e/ou avaliar diversas estratégias alternativas para o seu funcionamento.

De facto, nos primórdios da simulação de eventos discretos, as ferramentas orientadas aos eventos, onde um sistema é visto como uma série de eventos que alteram o estado do mesmo, dominava o paradigma da modelação. Aqui, o programador define os eventos que fazem parte do sistema modelando as alterações que têm lugar no mesmo quando estes ocorrem. Apesar de ser verdade que esta técnica é bastante eficiente e flexível, verificou-se que providenciava uma representação relativamente abstracta do sistema, tornando-se, assim, bastante difícil de utilizar (Pegden, 2007).

Deste modo, nos anos 80 a abordagem de simulação orientada ao processo destronou a abordagem anteriormente mencionada como a dominante no que à simulação de eventos

discretos diz respeito. Na modelação orientada ao processo, é descrita a movimentação de entidades no sistema à medida que o processo flui. Assim, o fluxo do processo é definido como uma série de etapas que moldam as alterações que ocorrem no sistema (Pegden, 2007).

Assim, de modo a poder compreender e analisar o sistema produtivo de uma forma mais profunda, nesta dissertação foi realizada uma simulação do mesmo no software SIMIO cujo funcionamento será descrito e detalhado de seguida.

Como refere McComas (1986), citado por José Rodrigues (2017), na simulação de um modelo de sistema de produção é necessário ter em conta qual o objetivo do estudo, quais as perguntas a que se quer uma resposta. Para isto, quem cria o modelo deve decidir quais os aspetos da vida real que devem e não devem integrar o modelo de simulação. É extremamente importante que o simulador interaja com o responsável pelos sistemas de produção, de modo a assegurar que o problema está a ser resolvido corretamente, que os conhecimentos deste estão refletidos no modelo e, mais importante, garantir que este compreende e aceita o modelo. A validação e utilização dos modelos torna-se muito mais simples quando os responsáveis tomam parte no seu desenvolvimento.

2.3.1. Construção de um modelo de simulação

O propósito de utilização da simulação consiste em auxiliar o utilizador na tomada de decisão. Assim, para alguém se tornar num bom modelador, é necessário misturar a capacidade de resolução de problemas com boas práticas de engenharia de software (Shannon, 1998). Deste modo, Shannon (1998) identifica os diversos passos que devem estar sempre presentes num estudo de simulação. Estes são:

1. **Definição do problema** – Os objetivos do estudo devem ser claramente definidos, de modo a que o propósito da simulação seja claro e que as questões que a que este pretende dar resposta se tornem evidentes.
2. **Planeamento do projeto** – Deve ser assegurado que existem recursos suficientes para que o estudo possa ser levado a cabo.
3. **Definição do sistema** – Os limites e restrições do sistema devem ser definidos neste passo.
4. **Formulação do modelo conceptual** – Um modelo preliminar, por exemplo um fluxograma, deve ser definido de forma a que os componentes, variáveis e a lógica por detrás do modelo possa ser definida.

5. **Design preliminar** – As medidas de eficiência, os fatores a variar durante a simulação e a extensão a que é pretendido investigá-los devem ser definidos. Por outras palavras, é necessário esclarecer os dados que se pretende recolher do modelo, em que formato e em que extensão.
6. **Preparação dos dados de input** – Identificar e coletar os dados necessários para servir de input ao modelo.
7. **Tradução do modelo** – Formular o modelo numa linguagem de simulação apropriada.
8. **Verificação e validação** – Confirmar que o modelo funciona da forma pretendida e que o output por este fornecido é representativo do output real do sistema.
9. **Design final** – Realizar o design de uma experiência que providenciará a informação desejada e definir como é que os testes definidos no ponto 5 serão executados.
10. **Execução do modelo** – Executar a simulação para gerar a informação necessária. Aqui também deve ser realizada uma análise de sensibilidade.
11. **Análise e Interpretação** – Retirar conclusões dos dados gerados pela simulação.
12. **Implementação e Documentação** – Reportar os resultados, colocá-los à disposição, e documentar as descobertas, o modelo e a sua utilização.

2.3.2. Conceitos utilizados em simulação

Como refere Carson (1993), existem diversos conceitos que estão por detrás da modelação de eventos discretos. Estes constituem uma linguagem universal quando se fala de simulação. Deste modo, estes conceitos são, segundo Carson (1993), Banks (1999) e Shannon (1998), os seguintes:

- **Modelo** – Um modelo consiste numa simples representação de um sistema. Este deve ter limites bem definidos entre o universo real e o universo que está a ser simulado. Contudo, este deve ser complexo o suficiente para responder a todas as questões necessárias, mas não demasiadamente complexo.
- **Evento** – Consiste numa ocorrência que altera o estado do sistema. Estes podem incluir a chegada de um cliente, o início ou o fim de um serviço, etc.
- **Variáveis** – Estas representam a totalidade das variáveis necessárias para definir o estado do sistema a um nível condizente com as necessidades do projeto. Por outras

palavras, estas correspondem à informação necessária para descrever o que está a acontecer no sistema num determinado momento.

- **Entidades** – As entidades representam algum elemento ou objeto do sistema que necessita de uma modelação específica. Uma entidade pode ser dinâmica, no sentido que se move pelo sistema, ou estática no sentido em que serve outras entidades. Estas podem ser clientes, ordens de fabrico, entre outras. No fundo, são qualquer objeto que entre no sistema, passa por uma série de processos e, por fim, sai do sistema.
- **Atributos** – As entidades podem ter atributos que apenas a elas pertencem. Estes podem ser o nome, prioridade, ou qualquer outra propriedade específica de uma entidade. De facto, os atributos de interesse podem variar de investigação para investigação. Adicionalmente, podem existir entidades com os mesmos atributos mas cada uma tendo valores diferentes a estes associados.
- **Recursos** – À medida que uma entidade se vai movendo pelo sistema, ela será processada por uma série de recursos. Estes representam precisamente qualquer coisa que é necessária ao processamento das entidades. Estes recursos são providos, assim, de capacidade. Assim, os recursos podem ser trabalhadores, máquinas, entre outros.
- **Filas** – Estas representam as filas de espera quando uma entidade é alocada a um recurso. Todos os recursos têm filas de espera, sendo que estas seguem normalmente a regra FIFO. No fundo, estas representam os locais onde as entidades esperam antes de poderem ser alocadas a um recurso.

Estes conceitos estão presentes em diversos *softwares* de simulação que, apesar de terem especificações distintas e oferecerem potencialidades diferentes, servem o mesmo propósito, ou seja, a representação de sistemas reais. De entre estes, podem-se destacar o Arena, o SIMIO, o *ProModel* e o *FlexSim* pois, de acordo com o estudo realizado por Dias, Vieira, Pereira and Oliveira (2016), estas são as ferramentas com maior popularidade no que à simulação de eventos discretos diz respeito. No entanto, na subsecção seguinte apenas será aprofundado o *software* SIMIO, visto ter sido este o *software* utilizado no presente projeto de dissertação.

2.3.3. Software de simulação SIMIO

O *software* de simulação utilizado no presente projeto de dissertação foi o SIMIO. De acordo com Pegden (2007), esta designação advém de “*Simulation modelling framework based on intelligent objects*”.

Assim, como refere Vieira *et al.* (2015), o SIMIO é, como referido anteriormente, baseado em objetos inteligentes. Estes são construídos pelos modeladores e podem ser utilizados nos mais diversos projetos pois podem ser guardados em bibliotecas e, por conseguinte, são facilmente partilháveis. Adicionalmente, ao contrário de outros sistemas de simulação orientados aos objetos, no SIMIO não existe a necessidade de escrever qualquer tipo de código de programação, visto que o processo de criação de novos objetos é totalmente gráfico. Deste modo, a criação de objetos é similar à criação de um modelo. Um veículo, um cliente ou qualquer outro constituinte de um sistema são possíveis exemplos de objetos sendo que, a sua combinação pode representar os diferentes componentes do sistema em análise.

Além destas características, como refere mais uma vez Vieira *et al.* (2015), um modelo realizado em SIMIO assemelha-se ao sistema real, facto que se pode revelar de grande utilidade aquando da apresentação de resultados a pessoas não familiarizadas com os conceitos de simulação.

Dito isto, aquando da abertura do SIMIO é possível encontrar a janela onde os modelos são realizados, denominada Facility. Adicionalmente, é possível encontrar uma coluna, denominada Standard Library, contendo objetos integrados associados a comportamentos gerais previamente programados, mas não com comportamentos específicos. Deste modo, por exemplo, a modelação de um carro através do objeto vehicle já integra propriedades como a capacidade, velocidade ou lógica de movimentação. Contudo, os seus valores têm de ser modificados de acordo com as pretensões do utilizador (Veloso, 2017). Na Tabela 1 serão descritos todos os objetos que constituem a *Standard Library*, bem como as suas respetivas funções.

Tabela 1 - *Objetos constituintes da Standard Library*

Objeto	Função
<i>ModelEntity</i>	Objeto dinâmico que pode ser criado ou destruído e que se move pelo sistema de forma dinâmica.
<i>Source</i>	Gera entidades de um tipo específico e num intervalo de tempo padrão.
<i>Sink</i>	Destrói entidades que completaram o seu processamento no modelo.
<i>Server</i>	Representa um processo com capacidade como, por exemplo, uma máquina.
<i>Workstation</i>	Modela uma estação de trabalho complexa, com tempos de <i>setup</i> , processamento e de paragem. Adicionalmente, pode conter recursos secundários e necessidades de materiais.
<i>Resource</i>	Um objeto genérico que pode ser ocupado e desocupado por outros objetos.
<i>Worker</i>	Recurso que pode ser ocupado e desocupado por tarefas e que, adicionalmente, pode ser utilizado para mover entidades entre nodos.
<i>Combiner</i>	Combina múltiplas entidades “ <i>member</i> ” com uma entidade “ <i>parent</i> ”. Exemplo disso será uma paleta contendo diversos materiais.
<i>Separator</i>	Separa um lote de entidades ou faz uma cópia de uma entidade.
<i>Vehicle</i>	Consiste num transportador que pode seguir uma rota fixa ou realizar transportes “ <i>on demand</i> ”. Adicionalmente, um <i>vehicle</i> utilizando a rota “ <i>on demand</i> ” pode ser utilizado como um recurso móvel que é ocupado ou desocupado pelas restantes tarefas não relacionadas com o transporte.
<i>BasicNode</i>	Modela uma simples interseção entre múltiplas ligações.
<i>TransferNode</i>	Modela uma interseção complexa com o objetivo de alterar o destino e o tipo de rota.
<i>Connector</i>	Ligação instantânea entre dois nodos.
<i>Path</i>	Ligação onde as entidades se podem mover de forma independente e à sua própria velocidade.
<i>TimePath</i>	Ligação contendo um tempo específico de atravessamento para todas as entidades.
<i>Conveyor</i>	Ligação que modela tanto <i>conveyors</i> acumuladores como não acumuladores

De facto, ferramentas orientadas aos objetos, como o SIMIO, são bastante eficazes aquando da construção de modelos rápidos. Isto acontece pois basta arrastar os objetos para o *workspace*, definir as suas propriedades e o modelo está pronto a ser executado. No entanto, é impossível a criação de objetos que funcionem em todas as situações sem que estes se tornem demasiadamente complexos e de difícil utilização. Deste modo, com vista à resolução deste problema, o *software* SIMIO recorre ao conceito de *Add-on Processes*. Assim, um processo não é mais do que um pequeno pedaço de lógica que pode ser inserido nos objetos anteriormente mencionados (SIMIO, 2010).

Dito isto, os processos podem ser executados no início ou no final da simulação, ao entrar ou ao sair de um nodo, pode ser disparado por um outro processo, quando são criadas ou destruídas entidades, entre outras possibilidades. Assim, esta flexibilidade permite criar um processo no exato momento em que faz sentido (Henriques, 2016).

Deste modo, um processo pode ser definido como uma sequência de *steps* que são executados por um *token* e que podem alterar o estado de um ou mais elementos do sistema. À medida que

um *token* vai viajando pelo sistema, vai executando as ações definidas pelos *steps* (SIMIO, 2010).

Assim, os processos podem ser utilizados para diversos fins: criar ou destruir entidades, requisitar recursos, atribuir um nodo como destino de uma entidade, transferir entidades, manipular variáveis, avaliar possibilidades, entre outros. Para alcançar esta lógica, os processos são criados utilizando *steps*, em que cada um deles permite realizar uma tarefa diferente, e, dentro de cada *step*, há diferentes possibilidades (Henriques, 2016).

O SIMIO oferece uma variada gama de *steps* de modo a ser possível dotar a simulação da lógica necessária ao seu funcionamento. Assim, na Tabela 2 é possível encontrar um resumo dos *steps* mais utilizados e uma breve descrição dos mesmos.

Tabela 2 - Descrição dos principais steps existentes no SIMIO

Step	Descrição
<i>Assign</i>	Atribui um valor a uma variável.
<i>Decide</i>	Usado para escolher um ou vários pontos de saída com base no resultado de uma expressão. Esta é interpretada como uma condição lógica ou probabilística.
<i>Delay</i>	Segura o <i>token</i> durante um tempo específico.
<i>Execute</i>	Executa um determinado processo.
<i>Create</i>	Cria uma nova entidade ou uma cópia de uma entidade existente.
<i>Destroy</i>	Destrói uma determinada entidade ou transportador.
<i>Fire</i>	Dispara um determinado evento.
<i>Wait</i>	Espera que um evento específico seja disparado.
<i>Transfer</i>	Transfere uma entidade entre objetos e/ou <i>freespace</i> ou entre estações.
<i>Setnode</i>	Define o destino para uma determinada entidade.

Para além destas funcionalidades, o SIMIO oferece uma panóplia de outras possibilidades que permitem tornar os modelos cada vez mais robustos e realistas. De facto, com recurso às propriedades de cada um dos objetos anteriormente mencionados, das quais são exemplos o Tempo de Processamento, a Capacidade e os Tempos de Setup é possível aproximar o funcionamento do sistema da realidade. Adicionalmente, a possibilidade de definir rotas, horários de funcionamento, criar variáveis, entre muitas outras tornam este simulador uma poderosa ferramenta de análise de processos e de tomada de decisão.

Tendo isto em consideração, apenas é possível tomar decisões através da análise de indicadores de desempenho.

Para o efeito, o SIMIO disponibiliza uma secção, denominada *Results*, contemplando uma vasta gama de KPI's. Aqui, é possível realizar diversos tipos de análise, desde a utilização de *servers*

ou *combiners*, ao número de unidades presentes num determinado nodo e à quantidade de entidades presentes no sistema durante a simulação.

2.3.4. Vantagens e desvantagens do uso da simulação

A utilização da simulação para a criação e representação de sistemas tem as suas vantagens e desvantagens. Posto isto, de acordo com Shannon (1998) e Banks (1999), as vantagens apontadas à simulação são as seguintes:

- O conceito de simulação é mais simples de compreender e, conseqüentemente, mais facilmente justificável a clientes e à gestão do que modelos analíticos. Adicionalmente, um modelo de simulação pode ser mais credível pois o seu comportamento foi comparado ao sistema real e, em consequência, requer menos simplificações além de capturar um maior número de características do sistema em estudo.
- A simulação permite uma tomada de decisão mais efetiva, pois permite testar todos os aspetos de uma mudança ou adição sem destinar recursos à sua aquisição. Isto é bastante importante pois, assim que decisões forem tomadas o custo associado à correção dos seus efeitos é bastante elevado. No fundo, esta permite testar *designs*, *layouts*, entre outros, sem comprometer recursos.
- Permite perceber o porquê da ocorrência de certos fenómenos através da sua reconstrução e análise. Por outras palavras, permite testar hipóteses sobre como um certo fenómeno irá ocorrer.
- Explorar possibilidades. Esta é uma das grandes vantagens associadas à simulação pois, assim que um modelo é criado, é possível analisar a implementação de novas políticas, procedimentos ou métodos sem a perturbação que esta causaria se efetuada no sistema real. Assim, as modificações são incorporadas no modelo e os seus efeitos são observados num computador ao invés de no sistema real.
- A simulação possibilita a melhor compreensão da interação das variáveis que compõem um sistema complexo. Assim, o diagnóstico de problemas e a consciencialização dos efeitos destas variáveis permitem uma compreensão bastante superior da *performance* do sistema.
- Através do uso da simulação é possível efetuar a análise de *bottlenecks*, descobrindo a causa de atrasos no *Work-in-Process*, em materiais, informação ou noutros processos.
- Providencia uma compreensão de como um sistema realmente funciona.

- Preparação para a mudança. A simulação permite responder a todas as questões “E se...?”, importantes para o desenho/redimensionamento de sistemas.
- O custo de uma simulação é bastante reduzido quando comparado com o investimento do projeto.
- A simulação pode ser usada para definir as especificações de um sistema. Por exemplo, se a capacidade necessária de uma máquina for desconhecida, podem ser simuladas diferentes capacidades para esta e, assim, definir este parâmetro com maior segurança.
- A simulação permite-nos controlar o tempo. Assim, é possível simular anos ou meses de funcionamento de um sistema numa questão de segundos, possibilitando, deste modo, uma visão a longo prazo.

No que diz respeito às desvantagens estas, de acordo com Shannon (1998) e Banks (1999), são as seguintes:

- A modelação de sistemas requer uma formação especial pois é uma arte que se desenvolve com o tempo e experiência. Adicionalmente, se dois modelos do mesmo sistema, realizados por dois indivíduos distintos, forem comparados, estes podem ser diferentes.
- Os resultados de uma simulação podem ser difíceis de interpretar. Visto que a maioria dos *outputs* são variáveis aleatórias, pode ser difícil de determinar se uma observação é resultado da aleatoriedade do sistema.
- A modelação de sistemas pode consumir muito tempo. A coleção de dados confiáveis e, por vezes, os resultados não são totalmente fidedignos.
- A simulação pode ser utilizada indevidamente. De facto, esta pode ser utilizada em casos em que uma análise analítica seria recomendável.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo é descrita a empresa onde decorreu o presente projeto de dissertação, a *Aptiv*. Deste modo, em primeiro lugar é feita uma breve descrição da Aptiv a nível global e de como se deu a sua formação. Seguidamente, virando o foco para o mercado local, é passada em revista a representatividade da empresa no território nacional. Por fim, devido ao facto de o projeto ter decorrido na unidade produtiva de Braga, é detalhado o seu sistema produtivo, bem como os seus principais produtos e clientes.

3.1. Grupo APTIV

Em 2017, a multinacional *Delphi Automotive*, um dos principais fornecedores mundiais de componentes eletrónicos a nível global, realizou um *spin-off* dividindo as suas áreas de negócio por duas empresas distintas. Por um lado, a *Delphi Technologies* ficou responsável pelo segmento *Powertrain*, que consiste na otimização dos sistemas de propulsão do veículo tendo, obviamente, sempre em conta a sua eficiência ambiental. Por outro lado, a Aptiv, onde foi realizada a dissertação, albergou as áreas de *Advanced Safety & User Experience* e *Signal & Power Solutions*.

A Aptiv é, assim, uma empresa de componentes eletrónicos para o setor automóvel tendo, atualmente, 109 fábricas, 14 centros de desenvolvimento e 147000 colaboradores espalhados por todo o globo.



Figura 8- Logótipos Aptiv e Delphi Technologies

3.2. APTIV em Portugal

A Aptiv está presente em três localizações distintas ao longo do território nacional. A empresa conta com duas unidades produtivas, situadas em Braga e em Castelo Branco, e com um centro técnico de excelência localizado no Lumiar. De ressaltar que existe ainda uma terceira unidade produtiva localizada no Seixal. No entanto, aquando da divisão anteriormente mencionada, esta ficou com o nome de *Delphi Technologies*.

No que à fábrica de Braga diz respeito, esta é dedicada à área de *Infotainment & User Experience* e, no que concerne à unidade de Castelo Branco, esta está relacionada com a produção de sistemas elétricos e eletrónicos para a indústria automóvel (cablagens). Assim, no que concerne à unidade produtiva de Braga, onde a presente dissertação foi realizada, esta é constituída, como ilustrado na Figura 9, por quatro edifícios.



Figura 9 - Vista aérea dos 4 edifícios da Aptiv

No que diz respeito ao Edifício 1, este é dedicado à produção de componentes eletrónicos sendo que, no Edifício 2, além da unidade produtiva dedicada à produção de componentes plásticos, destinados à secção de montagem final no Edifício 1, está também situada uma zona dedicada à produção de componentes eletrónicos.

Relativamente ao Edifício 3, este destina-se ao armazenamento de matéria-prima e, por fim, no Edifício 4 está situado o *Technical Center*, uma unidade nova dedicada ao desenvolvimento de novos produtos de excelência.

Na fábrica de Braga produzem-se maioritariamente autorrádios, *displays* e sistemas de navegação para as principais marcas da indústria automóvel, como é possível verificar pela Figura 10.



Figura 10 - Principais clientes da Aptiv

3.3. Descrição do sistema produtivo

A unidade de Braga está, como foi referido anteriormente, dividida em duas unidades produtivas distintas. Por um lado, o Edifício 2 é maioritariamente dedicado à produção de componentes plásticos que, posteriormente, serão transferidos para o Edifício 1 de modo a alimentar a secção de Montagem Final. Adicionalmente, existe também, neste edifício, uma área dedicada à produção de componentes eletrónicos. Aqui, são produzidos módulos controladores para automóveis e produtos cujo projeto está em final de vida. No que ao Edifício 1 diz respeito, este está, como já mencionado, dedicado à área de *Infotainment*, ou seja, à produção de componentes eletrónicos.

Devido ao facto de o presente projeto de dissertação ter sido realizado no Edifício 1, apenas este será alvo de uma explicação detalhada do seu processo produtivo

Sendo assim, a área produtiva do Edifício 1 é constituída por três secções distintas, sendo elas:

- **SMT** – *Surface Mount Technology*
- **CBA** - *Circuit Board Assembly*
- **FA** – *Final Assembly* (Montagem Final)

3.3.1. *Surface Mount Technology (SMT)*

O processo produtivo tem o seu começo na secção de SMT, ou seja, inicia-se com a montagem automática de componentes eletrónicos.

A primeira etapa do processo produtivo consiste na programação dos *Integrated Circuits (IC)* num processo denominado de *Offline Programming*. Estes IC's serão posteriormente introduzidos nas placas eletrónicas, denominadas de *Printed Circuit Boards (PCB)*.

De seguida, os PCB's serão sujeitos a um processo denominado de *Laser Marking*, que consiste na gravação de códigos *Quick Response Code (QRC)* nas placas eletrónicas, de modo a garantir a sua rastreabilidade ao longo de todo o processo e, também, preservar o seu histórico de montagem permitindo, de uma forma simples, identificar defeitos e as suas causas.

As duas etapas anteriormente descritas ocorrem “fora” da linha de montagem. Assim, finda a sua execução as placas seguem para as linhas de montagem automática de componentes, doravante linhas de SMT.

O primeiro processo a que as placas estão sujeitas após entrada na linha é a colocação de uma pasta de solda, denominada *Reflow*, que servirá para fixar os componentes eletrónicos ao PCB. De seguida, num processo denominado de *Solder Paste Inspection (SPI)* verifica-se se a pasta de solda foi corretamente colocada.

Finda esta etapa, há lugar à colocação dos componentes eletrónicos, entre eles os IC's programados anteriormente mencionados, no PCB através de máquinas de *Pick & Place*. Concluído este processo, as placas passam por um processo de soldadura que irá secar a pasta anteriormente colocada e, por conseguinte, fixar os componentes ao PCB.

Finalmente, há lugar a uma inspeção com o objetivo de identificar a existência de defeitos decorrentes dos processos anteriormente mencionados. Esta etapa denomina-se *Automated Optical Inspection (AOI)*.

Após a conclusão desta etapa, as placas, que podem apresentar-se individualmente ou em *arrays* (conjuntos de placas), são colocadas em *containers* que são armazenados no minimercado de SMT, à espera de serem transportados para CBA.

É ainda importante referir um processo, denominado Raio-X, que pode ser encontrado nesta secção. Aqui é verificado se as bolas de solda que podem existir debaixo de determinados componentes estão partidas.

Adicionalmente, verifica-se que existem diversas variantes do produto A. Estas, apesar de serem idênticas em termos de processo, têm diferenças ao nível do *software* dos IC's que são colocados no primeiro e segundo *reflow*.

3.3.2 *Circuit Board Assembly (CBA)*

Na área de CBA, também denominada de *sticklead*, ocorre a inserção manual dos componentes que não é possível colocar na secção anterior.

Esta secção começa com um processo denominado *Blade Singulation*. Aqui, as placas eletrónicas são separadas dos *arrays* através do corte do excesso de placa que serve de suporte aos PCB. Por outro lado, ao invés de ser realizada a operação anteriormente descrita, as placas podem ser individualizadas através da fresagem (*Milling*).

Finda esta etapa, as placas são colocadas em tabuleiros e seguem para a linha de CBA onde serão realizadas quatro operações distintas:

- Colocação manual de componentes
- Fixação mecânica, também denominada de *clinch*
- Soldadura por onda, de modo a fixar os componentes à placa
- Inspeção visual às placas eletrónicas

Além dos processos anteriormente mencionados, ainda está situada nesta secção uma zona designada de *sub-assemblys*, onde são montados alguns componentes nas placas eletrónicas além de máquinas que executam o processo de *coating*. Este consiste na colocação de uma pasta sobre alguns componentes com o objetivo de os proteger contra algumas condições desfavoráveis, tais como humidade e temperatura.

Adicionalmente, existe ainda uma zona dedicada ao teste elétrico dos componentes, denominado de *In Circuit Test (ICT)*. Aqui é verificado se os componentes estão corretamente inseridos e se estão a funcionar corretamente.

Finalizados todos estes processos, as placas seguem para a secção de montagem final.

3.3.3. *Montagem Final*

Nesta secção dá-se a junção das placas eletrónicas com diversos componentes como caixilhos, blendas, mecanismos de CD e tampas. Adicionalmente, existem também células de *sub-*

assembly onde alguns componentes são montados antes de seguirem para as linhas de montagem final.

No que a estas diz respeito, além da junção das placas eletrónicas com os diferentes componentes anteriormente mencionados, existe também uma zona dedicada a testes, de modo a verificar e assegurar o correto funcionamento do rádio e, por fim, uma zona para proceder à embalagem dos rádios e à etiquetagem das caixas.

No que concerne aos *sub-assemblies*, estes podem ser de dois tipos. Por um lado, estes podem estar dedicados à montagem de blendas, provenientes do edifício 2, com placas de serviço e, por outro lado, estas podem estar reservadas à montagem de mecanismos de leitor de CD com *brackets*.

Finalmente, é importante referir um processo denominado de *Gap Filler* que consiste na colocação de uma pasta em determinados componentes de modo a evitar que estes sobreaqueçam. Esta pasta é dissipativa, logo à medida que o calor vai sendo dissipado é evitado o sobreaquecimento do componente. Este processo tanto pode ser encontrado na linha como fora da linha.

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO ATUAL DO PROCESSO PRODUTIVO DO PRODUTO A

A introdução de novos produtos e a adaptação do sistema produtivo à sua entrada é uma constante numa empresa em crescimento. De facto, o presente projeto de dissertação pretende analisar e melhorar o sistema produtivo associado a um novo produto, doravante designado produto A, que se tornará no produto de maior volume produtivo da empresa, de modo a que, aquando do início da sua produção, este possa ter atingido a máxima eficiência possível. Contudo, a análise focar-se-á maioritariamente na determinação do impacto que o WIP terá na organização aquando da entrada deste produto em produção efetiva.

Antes de proceder a uma explicação mais detalhada do conteúdo deste capítulo, importa detalhar o contexto e o momento em que este projeto se insere. Em primeiro lugar, verifica-se que o produto A está atualmente em fase de pré séries. Esta é uma etapa onde o produto é produzido em quantidades bastante reduzidas com o objetivo de testar o produto e os diversos processos que compõem o processo produtivo. Sendo assim, o projeto tem lugar numa fase de planeamento, ou seja, numa fase precoce de dimensionamento do sistema. Deste modo, este enquadra-se numa perspetiva de futuro, onde o objetivo é projetar o modo como o sistema produtivo irá funcionar aquando da produção propriamente dita e, posteriormente, analisar e melhorar o mesmo para que eventuais desperdícios possam ser antecipadamente reduzidos. Para o efeito, recorrer-se-á ao *standard* para o dimensionamento de buffers e aos princípios que são atualmente utilizados na empresa no que toca ao funcionamento do sistema para efetuar esta análise. Assim, importa mencionar que a situação atual referida daqui para a frente será relativa ao modo como o sistema estará a funcionar aquando da produção de grandes volumes do produto A. Em suma, este projeto pretende, através de uma análise exaustiva de como o sistema se comportará, analisar o sistema, identificar os seus principais problemas, e sugerir melhorias para o tornar mais eficiente.

Efetuada este preâmbulo, numa primeira fase, foi realizada uma descrição do processo produtivo de modo a obter um conhecimento profundo de todas as etapas inerentes a este e de todas as características deste produto. Numa segunda fase, foi realizado um *Value Stream Mapping*, com o objetivo de identificar a cadeia de valor do produto e, posteriormente, perceber quais os principais desperdícios existentes. Este VSM diz respeito à situação atual anteriormente explicada, ou seja, está alicerçado no *standard* existente para o dimensionamento

de buffers e nos princípios que são utilizados na empresa no que toca ao funcionamento do sistema.

Finalmente, com recurso à análise anteriormente referida foram descritos os principais desperdícios e identificados os principais problemas associados ao sistema, tendo sido medido o seu impacto no funcionamento deste.

4.1. Processo Produtivo associado ao produto A

Para que o levantamento de problemas e oportunidades de melhoria seja levado a cabo com sucesso, é necessário que, em primeiro lugar, exista um conhecimento profundo não só das características do produto A, mas também do processo produtivo ao qual este irá estar sujeito. É, assim, importante referir que o produto A é constituído por duas placas eletrónicas distintas, doravante referidas como placa 1 e placa 2.

Estas placas eletrónicas passarão por um processo produtivo ligeiramente diferente, sendo que apenas se encontram aquando da Montagem Final do produto A. Assim, a primeira característica distintiva deste produto vem precisamente associada ao facto de, tanto a placa 1 como a placa 2, não possuírem inserção manual de componentes. De facto, todos os componentes são inseridos automaticamente nas placas eletrónicas na secção de SMT não passando, assim, pelas linhas de montagem manual.

Deste modo, nas subsecções seguintes, será explicado, secção a secção, o fluxo produtivo ao qual ambas as placas estão sujeitas.

4.1.1. Fluxo Produtivo em SMT

A primeira secção pela qual as placas passam é a secção de SMT. Aqui, estas são sujeitas a dois processos, SM1 e SM2. De facto, estes não são mais que a colocação automática de componentes em ambos os lados das placas eletrónicas. Assim, SM2, denominado de Segundo *Reflow* é o primeiro processo a ser executado e consiste na colocação de componentes num lado da placa. O SM1, denominado de Primeiro *Reflow*, diz respeito à colocação automática de componentes no outro lado do PCB.

Ainda nesta secção, ambas as placas passam pelo processo de Raio-X de modo a que como foi referido anteriormente, seja verificado se existem bolas de solda partidas nos componentes inseridos.

No entanto, apesar de o fluxo produtivo dentro desta secção ser, em termos de processo, idêntico para ambas as placas, existem algumas diferenças, nomeadamente ao nível das unidades de transporte, que é importante referir.

Verifica-se que a placa 1 é transportada em *containers* de 24 placas para as linhas de SM2. No entanto, após a conclusão deste processo as placas são colocadas em *containers* contendo apenas 8 placas. Esta diferença deve-se ao facto de, antes da passagem em SM2, os PCB's estarem sem qualquer componente colocado sendo, obviamente, possível a colocação de um maior número de PCB's no *container*.

No que à placa 2 diz respeito, esta é transportada em *containers* contendo 48 placas para as linhas de SM2. Assim, e pelo motivo anteriormente enunciado, aquando do final deste processo as placas eletrónicas serão colocadas em *containers* contendo apenas 24 placas.

Deste modo, é possível verificar desde já um desfasamento entre o *input* e o *output* do processo de SM2, representado na Tabela 3.

Tabela 3 - Diferenças entre Input e Output em SM2

SM2	Input	Output
Placa 1	1 <i>Container</i> de 24 placas	3 <i>Containers</i> de 8 placas
Placa 2	1 <i>Container</i> de 48 placas	2 <i>Containers</i> de 24 placas

Findo o processo de SM2, os *containers* de ambas as placas são colocados em *racks*, como ilustra a Figura 11 à espera de dar entrada no processo de SM1. Este armazenamento repete-se entre os processos de SM1 e Raio-X, visto que a unidade de transporte é a mesma.



Figura 11 - Rack de SMT

De modo a completar a análise relativa a estes processos produtivos, foi necessário perceber as dimensões das *racks*, bem como a capacidade de armazenamento destas. Estes dados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Dimensões da rack de SMT

Largura (m)	Comprimento (m)	Área (m ²)	Containers/Nível	Número Níveis
0.86	1.7	1.46	5	2

No que diz respeito ao Tempo de Ciclo (TC) e a alguns indicadores importantes relativos aos processos, estes estão detalhados na Tabela 5 e na Tabela 6.

Tabela 5 - Indicadores relativos a SM2, SM1 e Raio-X na placa 1

Processo	TC(s)	OEE(%)	Tempo Turno(min)	Número Turnos
SM2	37.8	75	480	3
SM1	30	75	480	3
Raio-X	32	85	457	3

Tabela 6 - Indicadores relativos a SM2, SM1 e Raio-X na placa 2

Processo	TC(s)	OEE(%)	Tempo Turno(min)	Número Turnos
SM2	16.8	75	480	3
SM1	16.2	75	480	3
Raio-X	28.5	85	457	3

4.1.2. Fluxo Produtivo em CBA e Montagem Final

Apesar de, como referido anteriormente, as placas eletrónicas não passarem nas linhas de montagem manual de componentes, estas serão sujeitas a alguns processos alocados à área de CBA.

Finda a passagem pela secção de SMT, os *containers* de ambas as placas são encaminhados para a secção de ICT, onde será executado o primeiro teste elétrico às placas. Seguidamente, estas serão sujeitas ao processo de *Milling*, onde serão cortados os rebordos dos PCB's.

Nesta secção, será realizada uma mudança na unidade de transporte de ambas as placas. De facto, as placas darão entrada no *Milling* nos *containers* anteriormente descritos sendo, finalizado o processo, colocadas em tabuleiros com capacidade para duas placas apenas. Assim, existe novamente uma diferença entre o *input* e o *output* da secção, como ilustrado pela Tabela 7.

Tabela 7 - Desfasamento entre Input e Output no Milling

Milling	Input	Output
Placa 1	1 <i>Container</i> de 8 placas	4 Tabuleiros de 2 placas
Placa 2	1 <i>Container</i> de 24 placas	12 Tabuleiros de 2 placas

Após este processo, ao passo que a placa 1 será encaminhada para um *Sub-Assembly*, onde será colocada uma ventoinha no PCB, a placa 2 será imediatamente transportada para a montagem final. Findo o *Sub-Assembly* anteriormente descrito, os tabuleiros contendo a placa 1 serão também encaminhados para a montagem final.

De referir que, por força da mudança na unidade de transporte, existirá também uma mudança nas *racks* destinadas ao armazenamento entre processos, estando estas dispostas na Figura 12.



Figura 12 - Rack de CBA e Montagem Final

As suas dimensões e capacidade de armazenamento estão detalhadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Dimensões da Rack de CBA e Montagem Final

Largura (m)	Comprimento (m)	Área (m ²)	Tabuleiros/Nível	Número Níveis
0.88	1.82	1.6	48	2

De ressaltar que, apesar de a Figura 12 mostrar a existência de 3 níveis de armazenamento, apenas os dois primeiros serão utilizados para o efeito. De facto, o último nível será destinado à acumulação de tabuleiros vazios.

Dito isto, verifica-se que é apenas na montagem final que os fluxos produtivos de ambas as placas se cruzam. De facto, estas são transportadas para as linhas de montagem final, em lotes de 6 tabuleiros, ao mesmo tempo.

No que aos indicadores relativos a estas quatro secções diz respeito, estes estão detalhados na Tabela 9 e na Tabela 10.

Tabela 9 - Indicadores relativos a ICT, Milling, Sub-Assembly e Montagem Final na placa 1

Processo	TC(s)	OEE(%)	Tempo Turno(min)	Número Turnos
ICT	60	90	457	3
Milling	20	95	457	3
Sub-Assembly	25.8	95	457	3
Montagem Final	27	95	457	3

Tabela 10 - Indicadores relativos a ICT, Milling e Montagem Final na placa 2

Processo	TC(s)	OEE(%)	Tempo Turno(min)	Número Turnos
ICT	40	90	457	3
Milling	16.5	95	457	3
Montagem Final	27	95	457	3

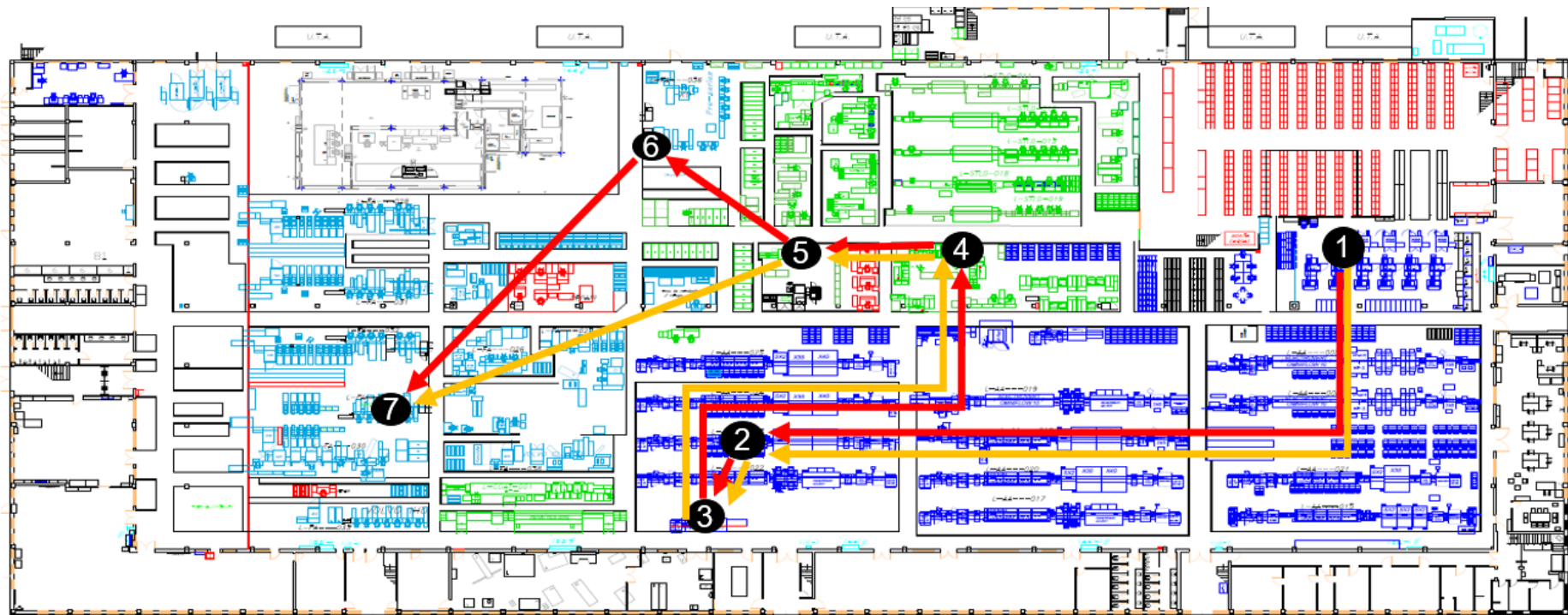
No que diz respeito à forma como o OEE é calculado na empresa, verifica-se que este não é calculado recorrendo aos três fatores previstos na literatura (disponibilidade, velocidade e qualidade) mas sim através da comparação entre o tempo *standard* previsto para uma placa ou aparelho, disponibilizado pelo SAP, que é o sistema ERP utilizado pela empresa, e o tempo efetivo necessário à sua produção. Assim, o cálculo do OEE é determinado pela Equação 2.

$$OEE = \frac{\text{Tempo standard}}{\text{Tempo efetivo de produção}} \quad (2)$$

Contudo, esta expressão era suficiente para explicar a determinação do OEE se apenas de um produto se tratasse. No entanto, à medida que vão sendo produzidos mais produtos, o tempo *standard* SAP é multiplicado pelo número de produtos sendo que o quociente entre este valor e o tempo efetivo de produção destas unidades representa o valor do OEE.

4.1.3. Representação do fluxo produtivo do produto A

Efetuada a descrição pormenorizada do processo produtivo é também importante perceber como os diferentes processos se distribuem pela unidade produtiva. Assim, recorreu-se ao *layout* da fábrica não só com o objetivo de perceber onde se situavam as diversas secções e se existiam ineficiências no *layout* atual mas também para verificar quais as distâncias entre processos, importantes para o estudo efetuado nas subsecções seguintes. Deste modo, na Figura 13 é possível verificar qual o fluxo produtivo de ambas as placas.



Legenda:

- Fluxo produtivo placa 1
- Fluxo produtivo placa 2

- 1- Laser Marking**
- 2 - SMT**
- 3 - Raio-X**
- 4 - ICT**
- 5 - Milling**
- 6 - Sub-Assembly**
- 7 - Montagem Final**

Figura 13 - Fluxo Produtivo de ambas as placas

Como é possível verificar, tanto a placa 1 como a placa 2 passam processos produtivos bastante semelhantes. No entanto, é importante ressaltar que estas têm, em cada um dos processos, conteúdos de trabalho distintos pois as placas são efetivamente diferentes. Contudo, é importante ressaltar que estas terão linhas dedicadas à sua produção. Por outras palavras, apesar de estas passarem em secções idênticas, as linhas de produção/máquinas existentes nestas serão específicas para cada placa. Esta opção justifica-se pelo grande volume produtivo associado a este produto, cerca de 6800 produtos por dia, e pela tentativa de evitar a existência de *changeovers*.

Assim, através do recurso ao *AutoCad* foram determinadas as distâncias exatas entre as diversas secções. Adicionalmente, e considerando uma velocidade de deslocação de 1 m/s, foi calculado o tempo que um operador logístico demoraria a transportar um *container*/tabuleiro entre duas secções. De facto, por força da velocidade de deslocação ser de 1 m/s, o tempo de percurso será igual à distância, como é possível verificar na Tabela 11.

Tabela 11 - Distâncias e Tempos de Deslocação entre secções

Processo	Processo	Distância (m) / Tempo de Percurso (s)
SM2	<i>Buffer</i>	0
<i>Buffer</i>	SM1	5.2
SM1	<i>Buffer</i>	69.22
<i>Buffer</i>	Raio-X	1
Raio-X	<i>Buffer</i>	29.42
<i>Buffer</i>	ICT	22.96
ICT	<i>Buffer</i>	24.47
<i>Buffer</i>	<i>Milling</i>	7
<i>Milling</i>	<i>Buffer</i>	21.18
<i>Buffer</i>	<i>Sub-Assembly</i>	6.92
<i>Sub-Assembly</i>	<i>Buffer Montagem Final</i>	22.5
<i>Buffer</i>	Montagem Final	41.6
<i>Milling</i>	<i>Buffer_Montagem Final</i>	16.85

Esta análise é importante para, posteriormente, ser possível perceber qual o tempo perdido em deslocações tendo este, também, implicações nas propostas de melhoria apresentadas no capítulo 5.

4.1.4. Diagrama de processo de ambas as placas

Efetuada a descrição do fluxo produtivo, é possível perceber que a descrição da totalidade de operações realizadas em ambas as placas iria tornar o texto demasiado extenso. De facto, muitas destas são agregadas de modo a que seja possível efetuar uma explicação geral do processo produtivo.

Assim, foram elaborados dois diagramas de processo, um para cada placa, não só com o objetivo de obter uma descrição mais detalhada da sequência de produção de ambas as placas como também de modo a ser possível perceber as entradas de material e as mudanças de unidade de transporte.

A realização de um diagrama deste tipo vem na sequência da necessidade de, antes de propor quaisquer alternativas ao funcionamento do sistema, obter um conhecimento exaustivo do mesmo.

Os diagramas de processo estão representados na Figura 14 e na Figura 15.

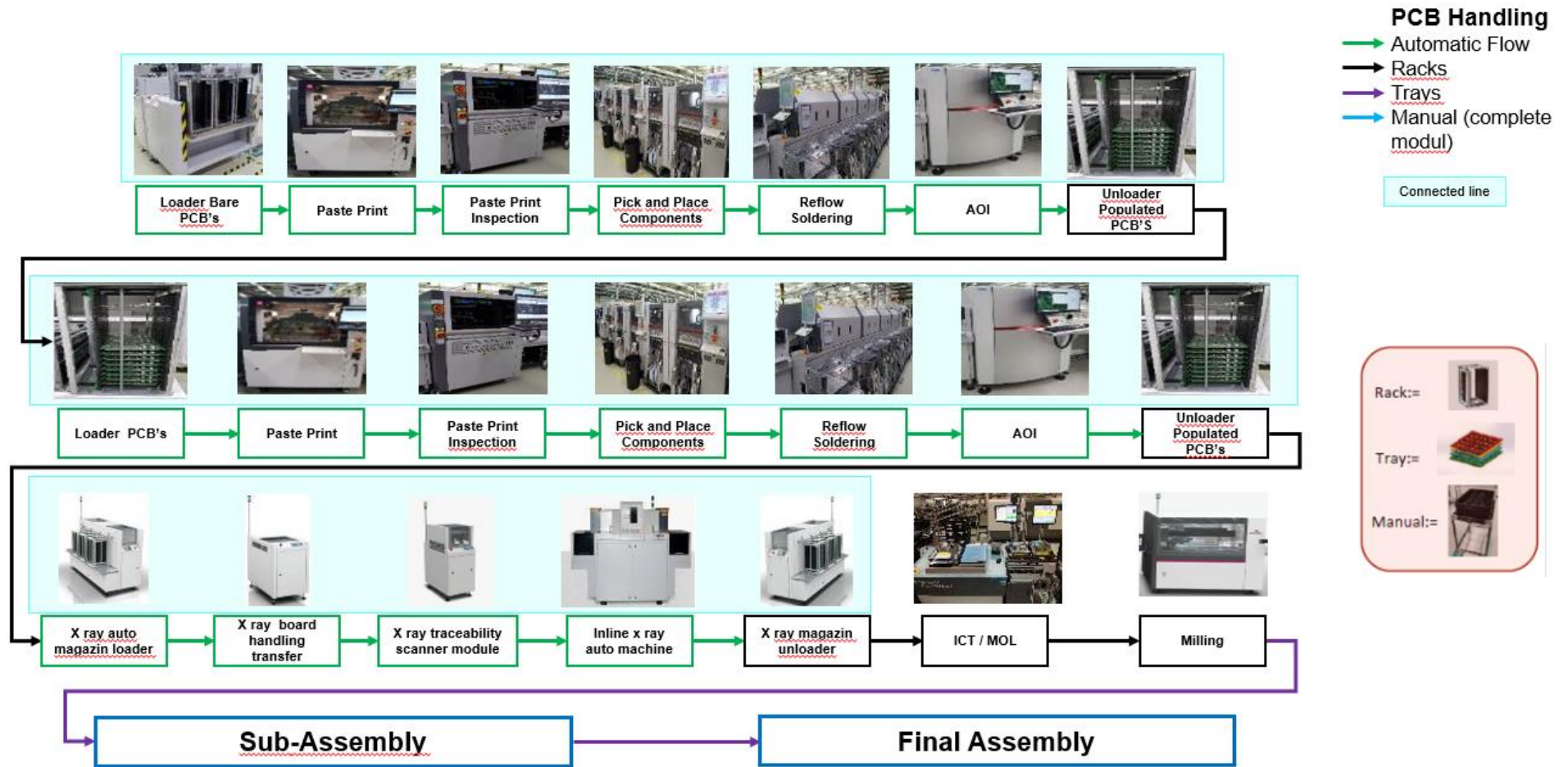


Figura 14 -Diagrama de processo da placa 1

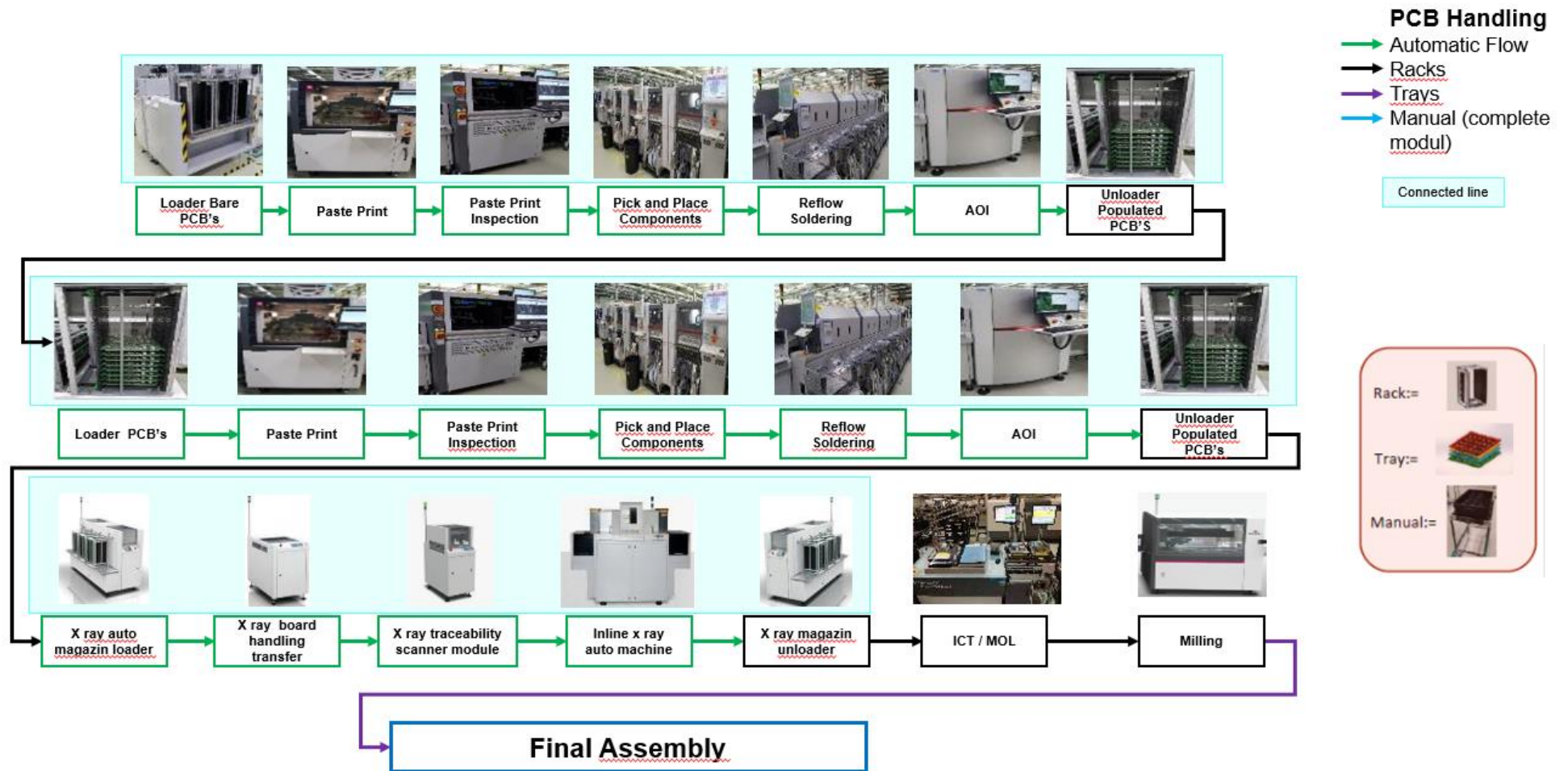


Figura 15 - Diagrama de processo da placa 2

4.2. Análise crítica e identificação de problemas

Esta secção apresenta a análise do sistema produtivo do produto A e a identificação de desperdícios e problemas. Para o efeito, foram utilizadas diversas técnicas e ferramentas, nomeadamente o *Value Stream Mapping*, o cálculo de capacidades, entre outras.

4.2.1. Análise de capacidades

Após a descrição e análise do processo produtivo relativo a ambas as placas, foi efetuada uma análise da capacidade necessária para cumprir a procura, ou seja, para produzir 6800 produtos A por dia.

Esta análise veio no sentido de ainda não ser claro qual seria o número de linhas/máquinas que iriam figurar em cada secção. Assim, e como esta é uma informação fundamental para a realização do estudo em questão, este foi o primeiro passo. De ressaltar que o cálculo apresentado a seguir pretende, como foi já referido, retratar exatamente o número de máquinas que irão existir em cada secção.

Em primeiro lugar foi determinado o tempo disponível para a produção, ou seja, o tempo total destinado à produção do produto A. Este é obtido através da multiplicação do tempo de turno pelo número de turnos, como apresentado na Equação 4.

$$\textit{Tempo Disponível para produção} = \textit{Tempo de Turno} * \textit{N}^{\circ} \textit{ de Turnos} \quad (4)$$

De seguida, o tempo disponível para produção determinado anteriormente é multiplicado pelo OEE, de modo a determinar o tempo efetivamente trabalhado na produção do produto A, como sugere a Equação 5. Este cálculo vem no sentido de todas as máquinas/linhas estarem sujeitas a paragens, avarias e outros tipos de situações que influenciam negativamente o seu tempo produtivo, pelo que é necessário contemplar estas perdas de tempo no cálculo de capacidades. Por outras palavras, a introdução do OEE neste cálculo permitirá obter o tempo efetivo de produção. De ressaltar que este cálculo está alicerçado no significado de OEE para a empresa, detalhado anteriormente.

$$\textit{Tempo Efetivamente Trabalhado} = \textit{Tempo disponível para produção} * \textit{OEE} \quad (5)$$

Efetuada este passo foi, seguidamente, determinada a quantidade que cada linha/máquina consegue produzir por dia. Assim, o tempo efetivamente trabalhado, obtido através da Equação 5, é dividido pelo Tempo de Ciclo com o objetivo de determinar a capacidade diária em termos de número de produtos, como está demonstrado na Equação 6.

$$\text{Quantidade Diária Produzida} = \frac{\text{Tempo Efetivamente Trabalhado}}{\text{Tempo de Ciclo}} \quad (6)$$

Por fim, de modo a determinar o número de linhas/máquinas necessárias à satisfação das necessidades de produção, no caso concreto 6800 produtos A por dia, a procura diária é dividida pela quantidade diária produzida obtida através da Equação 6, o que é representado pela Equação 7.

$$\text{Número de Máquinas/Linhas} = \frac{\text{Procura Diária}}{\text{Quantidade Diária Produzida}} \quad (7)$$

Na Tabela 12 e na Tabela 13 é possível observar os resultados do cálculo de capacidades efetuado.

Tabela 12 - Cálculo de capacidades para a placa 1

Processo	Número Linhas	Número Máquinas
SM2	4	
SM1	4	
Raio-X		4
ICT		6
Milling		2
Sub-Assembly		3
Montagem Final	3	

Tabela 13 - Cálculo de capacidades para a placa 2

Processo	Número Linhas	Número Máquinas
SM2	2	
SM1	2	
Raio-X		3
ICT		4
Milling		2
Montagem Final	3	

É importante ressaltar novamente que as linhas e máquinas serão exclusivamente dedicadas a cada uma das placas. Assim, a título de exemplo, as 4 linhas de SM2 calculadas para a placa 1 estarão somente destinadas à produção desta placa. A única exceção a este raciocínio prende-se com as linhas de montagem final. De facto, estas serão destinadas à montagem do produto final que, como referido anteriormente, engloba tanto a placa 1 como a placa 2.

Adicionalmente, foi também, através da Equação 8 calculado o *Takt Time* para ambas as placas.

$$\mathbf{Takt\ Time} = \frac{\mathbf{Tempo\ Efetivamente\ Trabalhado}}{\mathbf{Procura\ diária}} \quad (8)$$

Os resultados do cálculo supracitado podem ser consultados na Tabela 14.

Tabela 14 - Cálculo do Takt Time

Processo	Tempo de Turno (min)	Número de Turnos	OEE (%)	Tempo efetivamente trabalhado (min)	Procura (placas)	Takt Time (min/peça)
SM1	480	3	75	1080	6800	0.159
SM2	480	3	75	1080		0.159
Raio-X	457	3	85	1165.35		0.171
ICT	457	3	90	1233.90		0.181
Milling	457	3	95	1302.45		0.192
Sub-Assembly	457	3	95	1302.45		0.192
Montagem Final	457	3	95	1302.45		0.192

Efetuada este cálculo, resta apenas efetuar a comparação entre os Tempos de Ciclo de cada secção e o *Takt Time*. O objetivo desta análise é perceber se todos os Tempos de Ciclo são inferiores ao *Takt Time*, condição indispensável para garantir que o sistema produtivo tem capacidade para satisfazer a procura.

A análise anteriormente referida pode ser consultada na Tabela 15 e na Tabela 16.

Tabela 15 - Comparação entre TC e TT para a placa 1

Processo	TC (min)	Número Máquinas	TC Real (min)	Takt Time (min/peça)
SM2	0.63	4	0.158	0.159
SM1	0.50	4	0.125	0.159
Raio-X	0.53	4	0.133	0.171
ICT	1.00	6	0.167	0.181
Milling	0.33	2	0.167	0.192
Sub-Assembly	0.43	3	0.143	0.192
Montagem Final	0.45	3	0.150	0.192

Tabela 16 - Comparação entre TC e TT para a placa 2

Processo	TC (min)	Número Máquinas	TC Real (min)	Takt Time (min/peça)
SM2	0.28	2	0.140	0.159
SM1	0.27	2	0.135	0.159
Raio-X	0.48	3	0.158	0.171
ICT	0.67	4	0.167	0.181
Milling	0.28	2	0.138	0.192
Montagem Final	0.45	3	0.150	0.192

Como é possível verificar pela análise das tabelas apresentadas, não há nenhum processo em que o Tempo de Ciclo Real (Tempo de Ciclo/Número de Máquinas) seja superior ao *Takt Time*, o que indica que o sistema, tal como foi projetado, tem capacidade suficiente para satisfazer a procura, ou seja, os 6800 produtos A diários.

4.2.2. Análise da quantidade de WIP

Finalizada a descrição do sistema produtivo e das características de ambas as placas constituintes do produto A, foi realizada uma análise da quantidade de WIP existente para cada placa, com vista a perceber a sua dimensão e, por conseguinte, o seu impacto na organização.

No entanto, como anteriormente referido, devido ao facto de o produto A ainda não se encontrar em produção não é possível obter a quantidade de WIP através de medição direta. Contudo, a empresa possui um *standard* no que a estas quantidades diz respeito. De facto, este é comum para todos os produtos e é apresentado em horas e não em quantidades, ou seja, este indica o número de horas de *buffer* que devem existir entre as diversas secções. Deste modo, e considerando o que foi dito anteriormente, verifica-se, que este não refletirá totalmente a realidade pois trata-se de um *standard* geral e não direcionado para o produto em questão. Adicionalmente, como se poderá verificar na Tabela 17 e na Tabela 18, este apenas pressupõe

a existência de WIP em algumas secções. Ora, embora a existência de WIP entre todos os processos possa não se verificar, através de uma breve análise dos Tempos de Ciclo anteriormente apresentados, é possível verificar que existirá WIP em mais secções do que aquelas que o *standard* indica.

O *standard* anteriormente referido está detalhado na Tabela 17 e na Tabela 18.

Tabela 17 - Horas de buffer standard para a placa 1

Processos	Raio-X -> ICT	Milling -> Sub-Assembly	Sub-Assembly -> Montagem Final
Horas Buffer	8	3	1

Tabela 18 - Horas de buffer standard para a placa 2

Processos	Raio-X -> ICT	Milling -> Montagem Final
Horas Buffer	8	4

Tendo em consideração o *standard* detalhado anteriormente, a Tabela 19 apresenta a quantidade de placas que as horas de *stock* previamente apresentadas implicam.

Tabela 19 - Standard de WIP para ambas as placas

Placa	Processos	Unidade Transporte	Quantidade Placas	Volume/Hora	Horas/Buffer	Quantidade Buffer	Quantidade Buffer (placas)
1	SM2 -> SM1	Container	8	283.33	0	0	0.00
	SM1 -> Raio-X	Container	8	283.33	0	0	0.00
	Raio-X -> ICT	Container	8	283.33	8	283.33	2266.67
	ICT -> Milling	Container	8	283.33	0	0	0
	Milling -> Sub-Assembly	Tabuleiro	2	283.33	3	425.00	850.00
	Sub-Assembly -> Montagem Final	Tabuleiro	2	283.33	1	141.67	283.33
2	SM2 -> SM1	Container	24	283.33	0	0	0
	SM1 -> Raio-X	Container	24	283.33	0	0	0
	Raio-X -> ICT	Container	24	283.33	8	94.44	2266.67
	ICT -> Milling	Container	24	283.33	0	0	0
	Milling -> Montagem Final	Tabuleiro	2	283.33	4	566.67	1133.33

Realizada a análise, é possível verificar que o *standard* existente na empresa implica a existência de uma quantidade total de 6800 placas em WIP distribuídas pelas diferentes secções. No entanto, como é possível perceber através do Tempos de Ciclo anteriormente apresentados, os *buffers* existirão em mais secções do que aquelas consideradas pelo *standard*. No entanto, a abordagem a este desajuste por parte do *standard* face às necessidades reais de WIP do sistema produtivo será detalhada no próximo capítulo.

Efetuada esta ressalva e obtidos os valores do WIP, foi necessário realizar uma análise do seu impacto, tanto a nível do processo como a nível monetário. Para o efeito foi, em primeiro lugar, construído um *Value Stream Map* cuja explicação será pormenorizada na subsecção seguinte.

4.2.3. Value Stream Mapping do estado atual para o produto A

Por força de o produto A ainda não se encontrar em produção, os VSM's foram construídos com base na observação e análise do funcionamento do sistema produtivo associado aos produtos cuja produção tem lugar atualmente. Assim, ambos os VSM's pretendem demonstrar e esquematizar como funcionará o sistema produtivo se este for projetado segundo os mesmos princípios e, numa segunda fase, identificar os desperdícios e problemas a estes associados.

De ressaltar que o presente VSM não representa a totalidade da cadeia de valor, visto não contemplar os processos de *Laser Marking* e de TLC (*Tests Like Customer*), cuja finalidade é simular as condições de utilização do produto final pelo cliente, com vista a garantir a conformidade do aparelho. Foi tomada esta decisão visto os processos anteriormente referidos não fazerem parte da produção propriamente dita do produto A. Assim, foi decidido que estes ficariam um pouco fora do âmbito do projeto, sendo, por este motivo, deixados de parte na análise. De facto, o que interessa analisar será a quantidade de WIP e o seu impacto no processo produtivo. Ora, este não é relevante nos processos anteriormente mencionados pelo que, a sua análise não foi levada a cabo.

Os VSM's podem ser consultados na Figura 16 e na Figura 17.

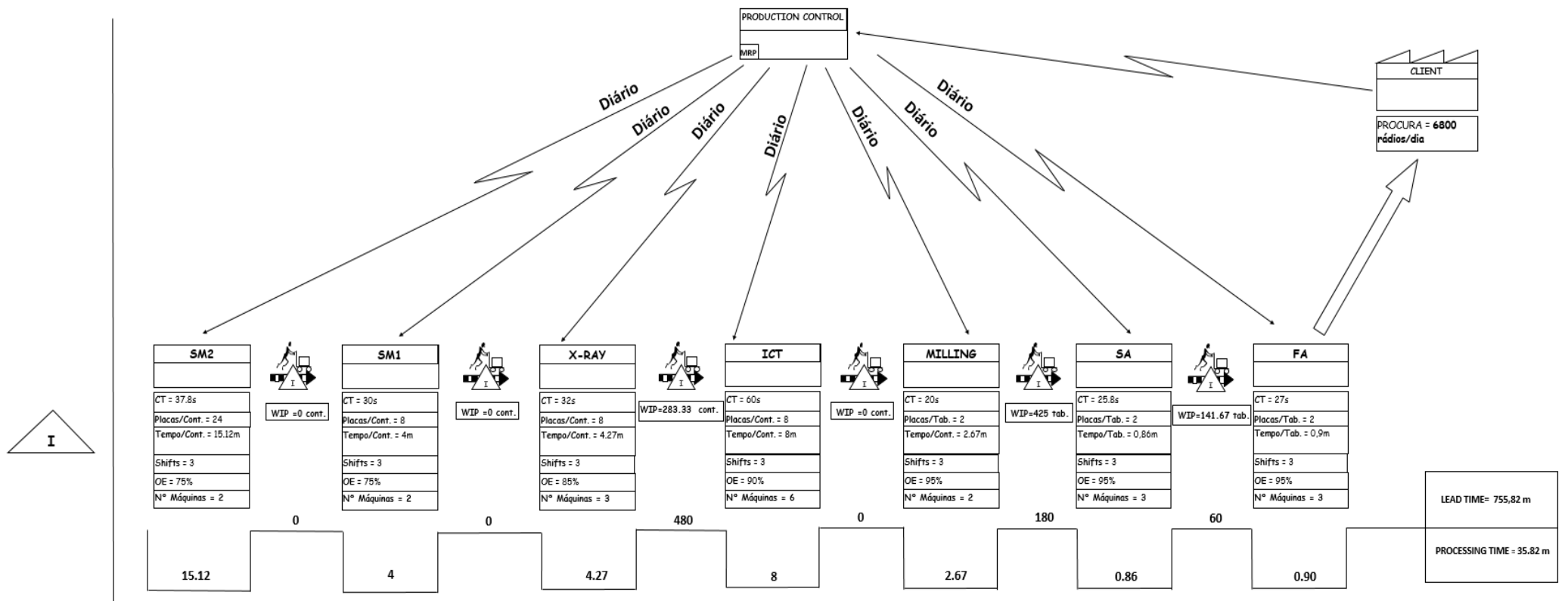


Figura 16 - VSM relativo à placa 1

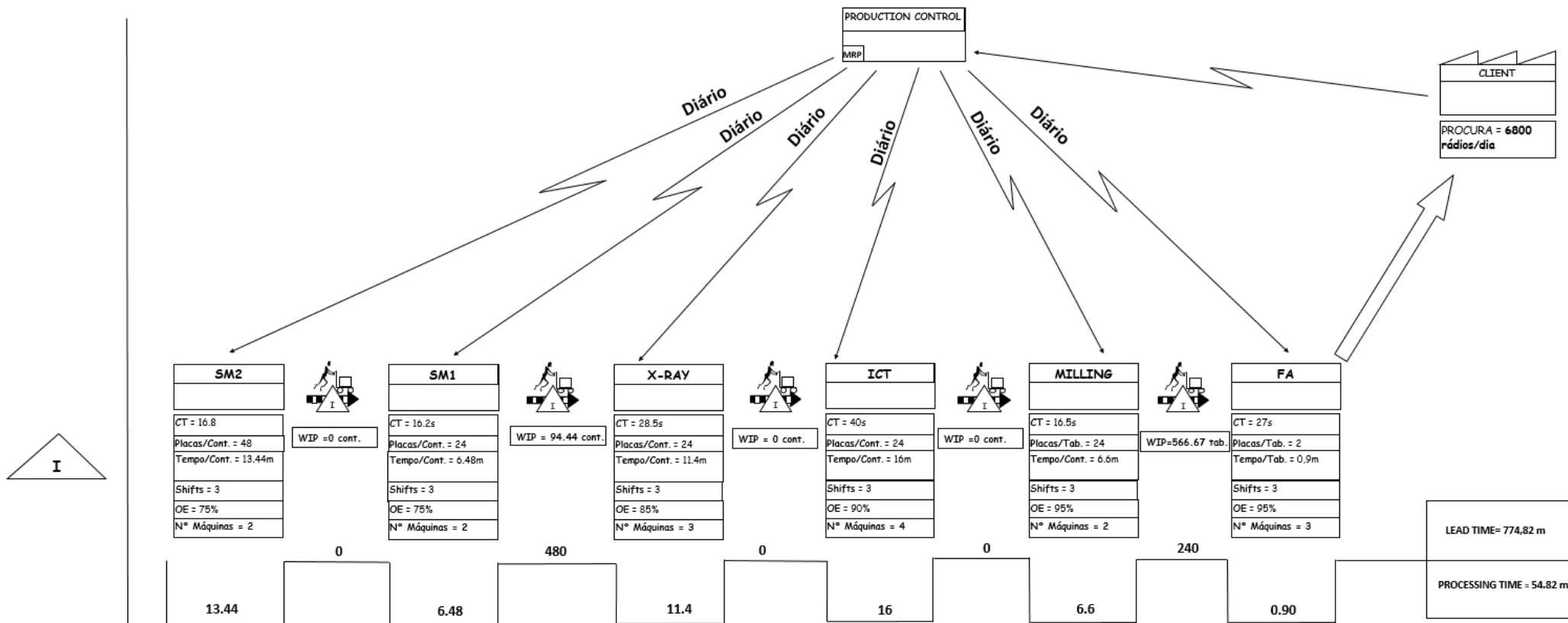


Figura 17 - VSM relativo à placa 2

Em primeiro lugar, é possível verificar que o plano de produção diário realizado pelo departamento de *Planning, Control and Logistics* (PCL), responsável pelo planeamento da produção, é entregue a todas as secções. Na verdade, o plano diário de produção é realizado para o produto final sendo, após execução do MRP, entregue às restantes secções. De facto, este é um sinal típico da produção *push*, como representado através das setas entre os processos produtivos. Deste modo, como se verifica também pela análise do processo produtivo associado a outros produtos, a produção de cada secção é independente das necessidades do processo a jusante, baseando-se apenas na quantidade de produção determinada pelo MRP, sendo este outro claro sinal de uma produção *push*.

Em segundo lugar, verifica-se que apenas é considerado que existe *stock* antes do processo de SM2. Isto vem ao encontro da opção explicada anteriormente de apenas mapear a cadeia de valor a partir deste processo. Assim, e sabendo que existirá *stock* de placas antes deste processo, foi colocada essa indicação no VSM. Assim sendo, justifica-se a ausência de fornecedores externos pois, de facto, estes existiriam para o primeiro processo do sistema produtivo, cujo mapeamento não foi realizado, pelas razões anteriormente explicadas.

Por último, no que toca ao preenchimento da linha do tempo, nomeadamente no que concerne ao cálculo do tempo de espera do *stock* entre processos, foi utilizada a Equação 9:

$$\text{Tempo de espera} = \frac{WIP}{\text{Procura diária}} \quad (9)$$

Foi utilizada esta expressão de cálculo pois não interessa perceber apenas quanto tempo é que uma unidade de WIP necessita de esperar até entrar no posto seguinte mas sim determinar quanto tempo é que esta mesma unidade precisa para sair do sistema, o que é ditado pelo ritmo a que o cliente pede um produto.

Adicionalmente, o preenchimento da linha do tempo foi sempre baseado no tempo de produção e de espera da unidade de transporte, seja ela *container* ou tabuleiro. Isto deve-se ao facto de, apesar de uma placa ter um tempo de produção mais breve, esta apenas sai do posto de trabalho quando todas as placas constituintes do *container*/tabuleiro estiverem produzidas, justificando-se assim a premissa anteriormente assumida.

Efetuada este cálculo, torna-se relevante determinar o rácio de valor acrescentado associado a cada placa. Este indicador não é mais do que a percentagem de tempo em que, entrando uma placa no sistema, se está efetivamente a acrescentar valor a esta.

O rácio de valor acrescentado e o rácio de valor não acrescentado foram calculados segundo a Equação 10 e a Equação 11, respetivamente.

$$\text{Rácio de Valor Acrescentado (RVA)} = \frac{\text{Tempo de Processamento}}{\text{Lead Time}} \quad (10)$$

$$\text{Rácio de Valor Não Acrescentado (RVNA)} = 1 - \text{RVA} \quad (11)$$

Os resultados obtidos estão dispostos na Tabela 20.

Tabela 20 - RVA e RVNA de ambas as placas na situação atual

	RVA (%)	RVNA (%)
Placa 1	4.74	95.26
Placa 2	7.08	92.92

Observados os valores dispostos na Tabela 20, é possível perceber claramente o impacto elevado que o WIP tem no sistema produtivo. De facto, verifica-se que o tempo em que estas estão efetivamente a ser sujeitas a atividades que lhes acrescentem valor, é de 1.14h e 1.7h para a placa 1 e 2, respetivamente.

4.2.4. Impacto do WIP

A existência de WIP não resulta apenas no aumento do *Lead Time* do processo. De facto, a este está também associado um impacto económico, mais propriamente o custo de capital parado, e um impacto “espacial” pois é necessário alocar espaço e infraestruturas para armazenar este *stock*.

Assim, de modo a completar a análise, recorreu-se ao SAP com o objetivo de perceber qual o custo de ambas as placas em cada uma das secções. De facto, apesar de os valores apresentados na Tabela 19 já serem por si só elucidativos no que toca à existência de uma elevada quantidade

de WIP, pretendeu-se complementar a análise com o impacto económico associado à existência de *stock* entre processos. Assim, na Tabela 21 estão apresentados os dados recolhidos.

Tabela 21 - Custo de ambas as placas em cada secção

Processos	Placa 1 (€)	Placa 2 (€)
SM2 -> SM1	16.22	11.09
SM1 -> Raio-X	58.80	66.21
Raio-X -> ICT	58.80	66.21
ICT -> Milling	58.80	66.21
Milling -> Sub-Assembly	58.80	
Milling -> Montagem Final		66.86
Sub-Assembly -> Montagem Final	66.18	

Como é possível verificar, tanto para a placa 1 como para a placa 2, o custo atribuído desde o processo de SM1 até ao *Sub-Assembly*, no caso da placa 1, ou até ao *Milling*, no caso da placa 2 é exatamente o mesmo. A razão para esta ocorrência deve-se ao facto de, entre os processos acima referidos, o *part-number* associado à placa eletrónica ser exatamente o mesmo. Ora, o SAP apenas realiza o incremento de custo na placa quando o *part-number* se altera, ou seja, após os processos de SM2, SM1 e *Sub-Assembly* para a placa 1 e SM2, SM1 e *Milling* para a placa 2.

Contudo, por forma a ser possível contabilizar o impacto monetário associado ao WIP e apesar de ser claro que o aumento do custo de cada placa é diretamente proporcional ao número de processos pelos quais esta passa, consideraram-se os custos apresentados na Tabela 21. Assim é possível obter uma estimativa do impacto financeiro, sendo esta sempre ligeiramente inferior ao valor real pelos motivos anteriormente enunciados.

Após a obtenção destes dados restava voltar a análise para os dados providenciados pelo *standard* e, seguidamente, incluir os custos apresentados na Tabela 21.

Dito isto, na Tabela 22 não só é possível observar o custo do WIP entre as diversas secções como também o impacto financeiro total a este associado, ou seja, o valor total de capital parado existente.

Tabela 22 - Custo do WIP por secção

Placa	Processos	Quantidade/Buffer (placas)	Custo/placa (€)	Custo WIP (€)	Custo total WIP (€)
1	SM2 -> SM1	0.00	16.22		427 861.67
	SM1 -> Raio-X	0.00			
	Raio-X -> ICT	2266.67		133 280.00	
	ICT -> Milling	0.00	58.80		
	Milling -> Sub-Assembly	850.00		49 980.00	
	Sub-Assembly -> Montagem Final	283.33	66.18	18 751.00	
2	SM2 -> SM1	0.00	11.09		
	SM1 -> Raio-X	0.00			
	Raio-X -> ICT	2266.67	66.21	150 076.00	
	ICT -> Milling	0.00			
	Milling -> Montagem Final	1133.33	66.86	75 774.67	

Observando a Tabela 22 é possível perceber detalhadamente não só onde o WIP se encontra como também o impacto monetário que este tem nas diversas secções e no sistema produtivo em geral.

Assim, o custo associado ao *stock* entre processos representa o custo do capital parado, ou seja, representa dinheiro que ao invés de poder estar a ser aplicado de uma qualquer outra forma está “empitado” em placas eletrónicas que não estão a ser requisitadas naquele momento.

Efetuada estas considerações, uma análise do impacto monetário do WIP não traduz na totalidade a influência deste no sistema produtivo. Na verdade, este *stock* ocupa espaço e são necessárias infraestruturas para o armazenar, nomeadamente as *racks* anteriormente mencionadas.

Deste modo, foi efetuada uma análise com o objetivo de perceber qual o número de *racks* necessárias para armazenar a quantidade de *stock* anteriormente apresentada e qual o espaço necessário para o efeito.

Assim, em primeiro lugar foi necessário verificar qual a capacidade de armazenamento de ambas as *racks*. Obtida esta informação e recorrendo às dimensões das *racks* anteriormente detalhadas, foi determinado o número necessário destas e o espaço necessário para as acomodar. Os resultados estão apresentados na Tabela 23.

Tabela 23 - Necessidades de espaço para armazenar WIP

Placa	Processos	Unidade Transporte	Quantidade/ Buffer	Quantidade/ Rack	Número de Níveis	Número de Racks	Área Rack (m ²)	Área Necessária (m ²)
1	SM2 -> SM1	Container	0.00	5	2	0	1.46	0.00
	SM1 -> Raio-X	Container	0.00	5	2	0		0.00
	Raio-X -> ICT	Container	283.33	5	2	29		42.30
	ICT -> Milling	Container	0.00	5	2	0		0.00
	Milling -> Sub-Assembly	Tabuleiro	425.00	48	2	5	1.6	7.30
	Sub-Assembly -> Montagem Final	Tabuleiro	141.67	48	2	2		2.90
2	SM2 -> SM1	Container	0.00	5	2	0	1.46	0.00
	SM1 -> Raio-X	Container	0.00	5	2	0		0.00
	Raio-X -> ICT	Container	94.44	5	2	10		14.60
	ICT -> Milling	Container	0.00	5	2	0		0.00
	Milling -> Montagem Final	Tabuleiro	566.67	48	2	6	1.6	8.80
	TOTAL							52

Procedendo a uma explicação de como o número de *racks* foi determinado, verifica-se que este foi calculado recorrendo à Equação 12.

$$N^{\circ} \text{ Racks} = \frac{\text{Quantidade de containers ou tabuleiros no buffer}}{\text{Capacidade por nível} * N^{\circ} \text{ níveis da rack}} \quad (12)$$

De uma forma simples, o número de *racks* necessárias para armazenar a quantidade de WIP anteriormente apresentada é calculada através do quociente entre esta mesma quantidade e a capacidade de uma *rack*.

Efetuada este preâmbulo, é possível verificar que será necessário um total de 52 *racks*, o que corresponde a 75.9 m² de área. Dito isto, é importante ressaltar que cada m² na Aptiv tem um custo anual de 100€, pelo que as necessidades de espaço correspondem a um custo de 7590 €/ano.

Contudo, é ainda preciso demonstrar que esta é uma necessidade de espaço inabarcável para a realidade atual da empresa. Assim, recorreu-se novamente ao *layout* do edifício 1 de modo a demonstrar a impossibilidade de albergar uma quantidade tão elevada de WIP.

Para o efeito, e de modo a tornar esta análise o mais visual e intuitiva possível, foi, recorrendo ao *Autocad*, desenhado um quadrado com 75.9 m² de área tendo, posteriormente, este sido

colocado em cima do *layout*. Deste modo, verificando a porção de *layout* ocupada pelo quadrado, é possível perceber de uma forma mais simples o impacto que o WIP terá em termos de espaço e, no caso concreto, a inviabilidade do seu armazenamento.

No fundo, este quadrado tem o objetivo de representar a dimensão que o armazenamento do WIP terá em relação à totalidade do *layout* e, assim, ser mais fácil perceber a impossibilidade de albergar, em termos de espaço, esta quantidade de *stock* intermédio.

Como é possível perceber através da observação da Figura 18 é totalmente impossível suportar, em termos de espaço, uma quantidade tão elevada de *stock*. De facto, é visível que o quadrado ocupa uma área demasiado significativa do *layout* da empresa. É um facto que as *racks* destinadas ao armazenamento do WIP estarão dispersas pelo sistema produtivo, não estando a área concentrada como demonstra o quadrado anteriormente desenhado. No entanto, este serve para demonstrar a dimensão da necessidade de espaço e reforçar a necessidade de intervenção a este nível. Assim, e não só devido ao custo elevado a este associado, o WIP afigura-se como um problema de premente análise.

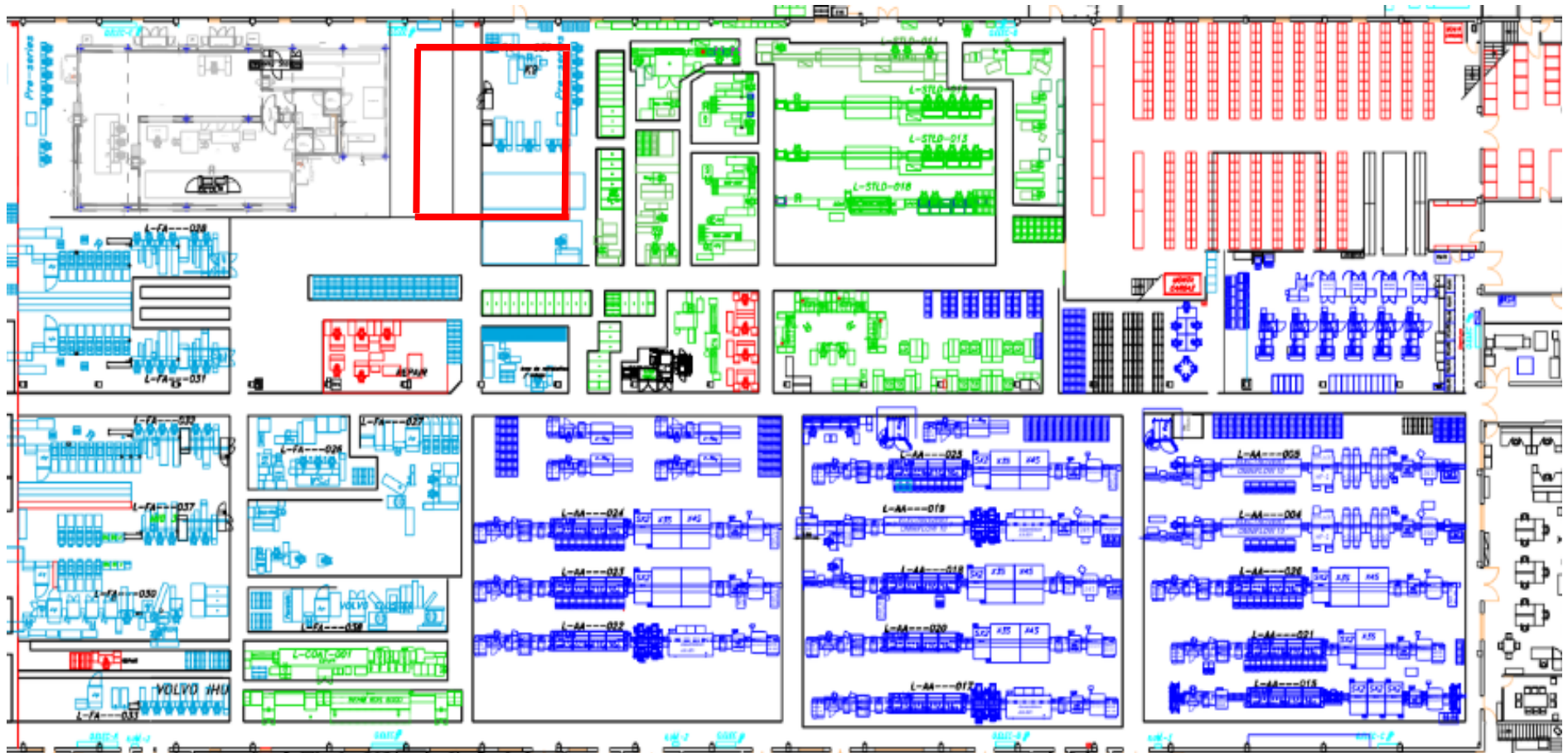


Figura 18 - Comparação entre layout e espaço ocupado pelo WIP

4.2.5. Desatualização/Inexistência de Instruções de Trabalho

A desatualização/inexistência de instruções de trabalho afigura-se como um problema que, apesar de ligeiramente desviado do âmbito principal da dissertação, foi identificado pelo autor como um foco de intervenção. De facto, a existência de procedimentos normalizados para a realização de operações consiste numa das principais premissas associadas ao *Lean Production*. Na Aptiv, cada posto de trabalho associado a cada produto tem uma instrução de trabalho. Esta não é mais do que uma descrição da sequência de operações que um posto de trabalho tem de executar num produto, sendo esta acompanhada por imagens ilustrativas de cada uma destas operações. Assim, ao refletirem as operações que devem ser realizadas e a ordem pela qual estas devem ser executadas, as instruções de trabalho podem ser consideradas como o baluarte do *standard work* na organização.

No entanto, foi verificado que muitas destas instruções de trabalho, nomeadamente nas linhas de montagem final e nos postos de reparação, estavam desatualizadas, tanto ao nível das operações como ao nível dos dispositivos que figuravam nos postos de trabalho. De facto, em resultado das otimizações que estas linhas foram sofrendo ao longo do tempo, muitas operações foram eliminadas ou realocadas para um posto diferente do originalmente determinado. Adicionalmente, verificou-se que alguns produtos não tinham qualquer instrução de trabalho associada.

Assim, a não atualização das instruções de trabalho em conformidade com a realidade ou a sua inexistência resultará numa formação deficiente dos operadores e, posteriormente, na ocorrência de defeitos e ineficiências nos postos de trabalho. Como já foi referido anteriormente, os operadores recebem formação com base nestas instruções de trabalho, ou seja, são instruídos a realizar as operações que constam neste documento. Com efeito, a sua não existência ou a desatualização e existência de não-conformidades nestas, resultará na deficiente formação dos operadores e na possível realização de operações de um modo distinto àquele que está previsto. Ora, este facto pode resultar numa crescente ocorrência de ineficiências e defeitos nos postos de trabalho. Deste modo, esta afigura-se como uma questão que, embora seja difícil de quantificar, pode impactar negativamente a qualidade do processo e, conseqüentemente, do produto.

4.3. Síntese dos problemas identificados

Como foi possível verificar nos capítulos anteriores, foram várias as oportunidades de melhoria identificadas. Na Tabela 24 é possível encontrar um pequeno resumo destes potenciais focos de intervenção.

Tabela 24 - Síntese dos problemas identificados

Problema	Consequência	Área de Intervenção
Existência de uma elevada quantidade de WIP	Ineficiência do sistema produtivo	Sistema produtivo do produto A
Desfasamento do <i>standard</i> de buffers relativamente à realidade	Ineficiência do sistema produtivo	Sistema produtivo do produto A
Inexistência de espaço suficiente para armazenar o WIP	Ineficiência do sistema produtivo	Sistema produtivo do produto A
Sistema totalmente <i>push</i>	Ineficiência do sistema produtivo	Sistema produtivo do produto A
Desatualização/inexistência de instruções de trabalho	Formação inadequada dos operadores e possível ocorrência de defeitos	Montagem Final e Postos de Reparação

5. APRESENTAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA

Ao longo deste capítulo serão apresentadas e detalhadas as propostas de melhoria realizadas com vista à resolução dos problemas anteriormente identificados.

5.1. Simulação do sistema produtivo para a identificação de WIP

Como foi anteriormente mencionado, a APTIV tem um *standard* definido no que toca ao dimensionamento de buffers. Contudo, com o objetivo de obter uma aproximação mais fidedigna da quantidade de *stock* intermédio existente no sistema produtivo, recorreu-se ao *software* SIMIO para efetuar uma simulação do seu funcionamento. Através da sua utilização é, assim, possível representar o funcionamento do mesmo e, conseqüentemente, retirar dados que tornem a análise e implementação do sistema produtivo mais ajustada às necessidades da empresa. Posto isto, ao longo das subsecções seguintes serão detalhados os pressupostos da simulação, a forma como o modelo foi construído e, finalmente, as conclusões retiradas a partir desta.

5.1.1. Pressupostos da simulação

Como foi referido, esta simulação tem como objetivo representar o funcionamento do sistema produtivo associado ao produto A e, através da análise dos resultados, verificar se as necessidades de WIP do sistema são ou não condizentes com o *standard*. De facto, esta contemplará todas as regras e características do sistema produtivo explicadas no capítulo 4, descurando apenas, como explicado anteriormente, o *standard*. Tendo isto em consideração, esta simulação pretende replicar o funcionamento do sistema e concluir sobre as necessidades reais de WIP deste. Assim, e antes de proceder a uma explicação mais detalhada de todos os objetos e lógica por detrás do modelo, importa efetuar algumas considerações acerca dos pressupostos sobre os quais esta simulação assenta e da forma como esta irá funcionar. Deste modo, o modelo de simulação assenta nos seguintes pressupostos fundamentais:

1. A simulação está dividida em duas partes. Por um lado, o sistema produtivo associado à placa 1 e, por outro, o sistema produtivo associado à placa 2. Estas, como anteriormente mencionado, têm máquinas/linhas dedicadas pelo que apenas convergem antes da Montagem Final.
2. Entre dois processos existe sempre um *Buffer* destinado a acomodar o *stock* intermédio.
3. A distância entre o *Buffer* e o processo a jusante corresponde à distância entre os dois processos. Tomou-se esta opção para que o WIP estivesse totalmente confinado ao

Buffer e não dividido entre este e o caminho entre o processo a montante e o respetivo *Buffer*. Assim, após terminar o processo a montante, a placa entrará automaticamente neste.

4. A simulação está orientada para ter um output de 6800 produtos diários.
5. Assume-se que a entrada de *containers* em SM2 é instantânea. Por outras palavras, considera-se que existe sempre *stock* de placas para entrar em SM2. Isto deve-se ao facto de, como mencionado no capítulo anterior, apenas ter sido estudada a cadeia de valor a partir do processo de SM2.
6. Os tempos de turno estão devidamente definidos para cada secção.
7. No que toca ao tempo de inicialização, este não foi considerado. De facto, e tendo como base os pressupostos anteriormente assumidos, verifica-se que o sistema irá começar vazio, depois irá encher à medida que as entidades forem criadas e, por fim, este esvaziará quando a procura for satisfeita. Assim, o sistema começará vazio e, no final do dia, estará também vazio pois a procura diária já foi satisfeita.

5.1.2. Construção do modelo

O primeiro passo aquando da realização de uma simulação de um sistema produtivo é a definição de quais as entidades, ou seja, aquilo que irá sofrer transformação no sistema produtivo ao longo da simulação. No caso concreto existirão duas entidades, dispostas na Tabela 25.

Tabela 25 - Entidades da simulação

Entidades	
<i>Container placa 1</i>	24 placas
<i>Container placa 2</i>	48 placas

De facto, como foi possível perceber no capítulo anterior, as entidades escolhidas representam a dimensão dos *containers* de entrada de cada uma das placas no sistema produtivo. Assim, e respeitando os pressupostos anteriormente mencionados, estas entidades estarão sujeitas a transformações ao longo da simulação.

No que diz respeito à definição dos *servers* a considerar na simulação, estes representarão as máquinas/linhas existentes no sistema e terão as propriedades dispostas na Tabela 26 e na Tabela 27.

Tabela 26 - Propriedades dos servers associados à placa 1

<i>Server</i>	<i>Número Servers</i>	<i>Processing Time (min)</i>	<i>Input Buffer Capacity</i>
SM2	4	15.12	
SM1	4	4	1
Raio-X	4	4.27	1
ICT	6	8	1
Milling	2	2.67	1
Sub-Assembly	3	0.86	1
Montagem Final	3	0.9	6

Tabela 27 - Propriedades dos servers associados à placa 2

<i>Server</i>	<i>Número Servers</i>	<i>Processing Time (min)</i>	<i>Input Buffer Capacity</i>
SM2	2	13.44	
SM1	2	6.48	1
Raio-X	3	11.4	1
ICT	4	16	1
Milling	2	6.6	1
Montagem Final	3	0.9	6

Analisando as tabelas, verifica-se que, a primeira coluna diz respeito ao número de *servers* existentes, a segunda ao Tempo de Ciclo de cada *server* e, por fim, a terceira coluna representa o máximo de entidades que cada server pode albergar no seu *buffer* de entrada. Deste modo, e por forma a cumprir com os pressupostos mencionados na subsecção anterior, o valor desta última coluna é “um” para todos os *servers* à exceção da montagem final, para permitir que as entidades fiquem armazenadas no *buffer* existente entre processos e não à entrada dos *servers*. No que à Montagem Final diz respeito, o valor atribuído na última coluna é “seis” pois as placas são sempre transportadas em lotes de seis para esta secção.

De ressaltar que os Tempos de Ciclo apresentados são relativos a uma unidade de transporte (*container*/tabuleiro), ou seja, resultam da multiplicação do Tempo de Ciclo apresentado no capítulo 4 pelo número de placas que cada unidade de transporte alberga.

Contudo, estes não são os únicos *servers* presentes no modelo de simulação. De facto, cada um dos buffers entre processos está representado por um *server*, sendo a única exceção o *buffer* que antecede a Montagem Final, que é representado por um *combiner*. A razão da colocação deste *combiner* prende-se com o facto de aquele ser o local onde os fluxos produtivos convergem. Assim, um lote apenas passa para a montagem final se for composto tanto pela

placa 1 como pela placa 2. Posto isto, as propriedades destes objetos estão dispostas na Tabela 28.

Tabela 28 - Propriedades dos servers correspondentes aos buffers

<i>Buffer</i>	<i>Placa</i>	<i>Processos</i>	<i>Processing Time (min)</i>	<i>Output Buffer Capacity</i>
BIA 1	1	SM2 -> SM1	0	1
BIA 2	2	SM2 -> SM1	0	1
BIA 3	1	SM1 -> Raio-X	0	1
BIA 4	2	SM1 -> Raio-X	0	1
BIA 5	1	Raio-X -> ICT	0	1
BIA 6	2	Raio-X -> ICT	0	1
BIA 7	1	ICT -> Milling	0	1
BIA 8	2	ICT -> Milling	0	1
BIA 9	1	Milling -> Sub-Assembly	0	1
BIA 10	1 e 2	Sub-Assembly -> Montagem Final e Milling -> Montagem Final	0	6

Pela observação da Tabela 28, é possível verificar que é atribuído um Tempo de Ciclo de “zero” a todos os *buffers*. De facto, a única função destes é armazenar o *WIP* pelo que não faz sentido que tenham um tempo de processamento associado.

De seguida, é necessário ligar todos os objetos anteriormente mencionados, o que é feito através de *Conectors* e *TimePaths*. De facto, como é possível perceber através dos pressupostos enunciados na subsecção anterior, se a ligação de cada um dos *buffers* ao processo a jusante é efetuada recorrendo a *TimePaths*, contendo o exato tempo que essa deslocação demora a ocorrer, a ligação entre o processo a montante e os *buffers* é instantânea, ou seja, efetuada com o recurso a *Conectors*.

No que toca à criação de entidades, ou seja, à entrada de entidades no sistema, esta é garantida através de objetos *Source*. Deste modo, com o objetivo de cumprir o pressuposto número cinco, cada *server* representando uma linha de SM2 irá ter um *Source* dedicado, estando as propriedades detalhadas na Tabela 29.

Tabela 29 - Propriedades referentes aos sources

<i>Source</i>	<i>Entity Type</i>	<i>Arrival Mode</i>	<i>Initial Number of Entities</i>
1 até 4	Container placa 1	On Event	1
5 até 6	Container placa 2	On Event	1

Através da análise da Tabela 29 é possível perceber que, de acordo com o que foi anteriormente referido, o número de *sources* existentes é igual ao número de linhas de SM2 existentes para cada placa. No que à segunda coluna diz respeito, esta significa que a criação de entidades por parte dos *sources* é comandada por eventos. Assim, sempre que uma entidade termina o seu processamento num dos *servers* referentes a SM2 é disparado um evento que leva à criação de uma nova entidade. Contudo, esta entrada de entidades no sistema não é infinita pois está sujeita à procura diária como será detalhado na subsecção seguinte. No que concerne à terceira coluna, esta propriedade apenas serve para garantir que é criada uma entidade em cada *source* no início da simulação. Se o valor associado a esta propriedade fosse zero, a simulação não iniciaria pois não existiria nenhuma entidade a passar por SM2 e, conseqüentemente, a despoletar a ação dos eventos.

Adicionalmente, todas as entidades criadas serão identificadas recorrendo a uma variável denominada “Tipo”. Os valores que esta pode tomar estão apresentados na Tabela 30.

Tabela 30 - Valores da variável "Tipo"

<i>Source</i>	Placa	Valor da variável “Tipo”
1	1	1
2	1	2
3	1	3
4	1	4
5	2	5
6	2	6

Assim, sempre que uma entidade é criada por um *source*, é atribuído a esta o respetivo valor da variável “Tipo”. A razão para esta atribuição é que, após a chegada das entidades ao Nodo de Entrada (Nodo Intermédio entre os *sources* e os *servers* de SM2) e a realização da verificação do cumprimento da procura (explicada na secção seguinte) seja possível saber para que *server* de SM2 é que a entidade deve ser encaminhada. Contudo, a lógica por detrás desta atribuição tornar-se-á mais evidente na subsecção seguinte.

Finalmente, de modo a ser possível obter uma visão mais clara do modelo, está disposta Apêndice 1 a imagem referente ao seu *layout*. A sua análise, em conjunto com a explicação anteriormente realizada, será indispensável a um entendimento completo do modelo.

5.1.3. Processos e lógica do modelo de simulação

De modo a que os constituintes do modelo anteriormente descritos possam replicar o funcionamento do sistema produtivo, terá de existir uma lógica por detrás deste que permita

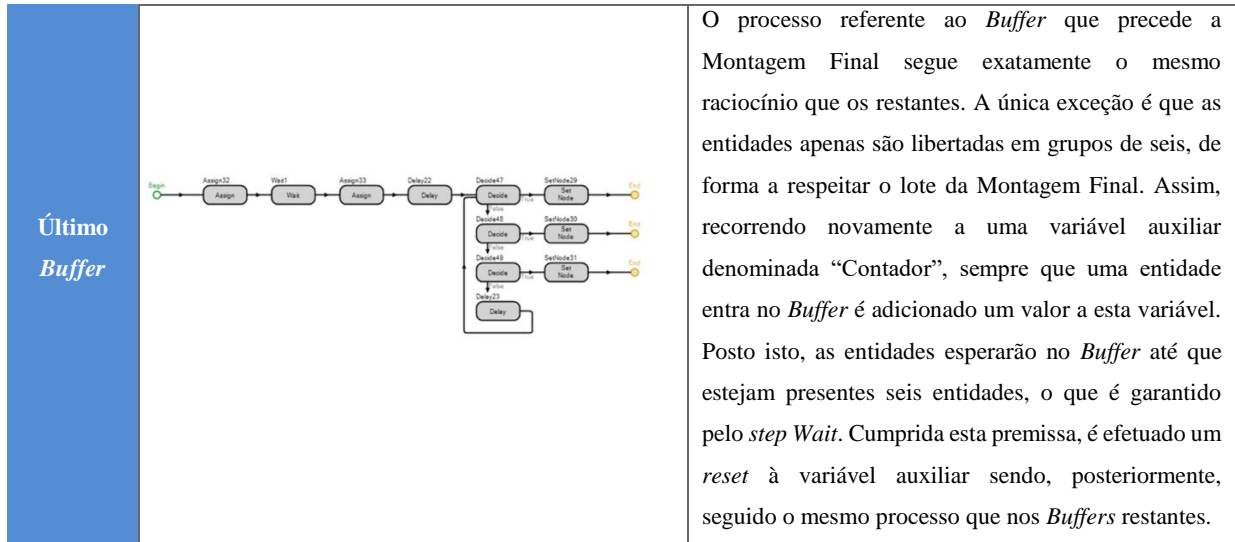
que estes interajam entre si e, por conseguinte, que crie as condições para que o modelo providencie os resultados desejados. Assim, de uma forma geral, o sistema deverá ser capaz de fornecer entidades, que representam a entrada de *containers* no sistema produtivo, efetuar todas as operações necessárias nestes através dos *servers*, lidar com as diferenças de *input* e *output* nas secções anteriormente mencionadas, armazenar corretamente as entidades nos servers que representam os *buffers* e, de forma não menos importante, garantir que o cumprimento da procura. Todas estas premissas são garantidas através de processos.

Deste modo, na Tabela 31 serão apresentados os diferentes tipos de processos utilizados acompanhados de uma breve descrição do seu funcionamento. De ressaltar que, devido ao número extensivo de processos existentes no modelo de simulação e, também, em virtude de existirem processos comuns a diversos *servers/nodos*, apenas será mostrado em imagem um exemplo dos diversos tipos de processos. No entanto, como será perceptível através da análise da tabela, o raciocínio presente nos processos não apresentados, será o mesmo.

Tabela 31 - Explicação dos processos presentes no modelo de simulação

Utilização	Processo	Descrição do funcionamento
Todos os <i>buffers</i> à exceção do último		<p>Sempre que uma entidade (<i>container</i> ou tabuleiro) entra num <i>buffer</i> irá ser verificado se há algum <i>server</i> do processo a jusante livre que a possa receber. Esta decisão, representada pelo <i>step Decide</i>, passa por verificar se existe capacidade disponível no processo a jusante, se o <i>nodo</i> de entrada do <i>server</i> está vazio e, por fim, se não existe nenhuma entidade a percorrer o caminho entre o <i>buffer</i> e o respetivo <i>server</i>. O processo irá proceder a esta verificação <i>server</i> a <i>server</i> sendo que o primeiro que cumprir as três premissas referidas verá a entidade ser enviada para si, o que é representado pelo <i>step Setnode</i>. Caso não haja nenhum <i>server</i> a cumprir as três condições, ou seja, se nenhum <i>server</i> estiver desocupado será efetuado um <i>Delay</i> de 0.1 segundos e esta verificação será efetuada novamente. O processo só está concluído quando existir um <i>server</i> que verifique as três condições.</p>
Todos os <i>sources</i>		<p>Quando uma entidade entra no sistema, ou seja, aquando da sua criação por parte do objeto <i>Source</i>, é-lhe atribuído o respetivo valor da variável “Tipo”, representado pelo <i>step Assign</i>. A lógica por detrás desta atribuição e o significado dos respetivos valores já foi detalhada anteriormente.</p>

<p>Milling e SM2</p>		<p>Este processo tem como objetivo fazer face às diferenças entre <i>input</i> e <i>output</i> nestas duas secções. Assim, e tomando SM2 como exemplo, sempre que uma entidade finaliza este processo irá ser verificado se se trata de um <i>container</i> de placas 1 ou 2, através da variável “Tipo” explicada anteriormente. Realizada esta verificação, caso se trate de um <i>container</i> de placas 1 serão criadas mais duas entidades, pois o <i>container</i> passa de 24 para 8 placas, saindo um total de 3 entidades de SM2. Esta criação de entidades é assegurada pelo <i>step Create</i>. Finalizado este passo, é atribuído às novas entidades o mesmo valor da variável “Tipo” do que as entidades originais, através do <i>step Assign</i>, sendo por fim enviadas para o nodo seguinte através do <i>step Transfer</i>. Este processo é semelhante para todos os <i>Servers</i> de SM2 e <i>Milling</i> mudando apenas a quantidade de entidades criadas. A única diferença reside de o processo de SM2 ter um <i>step</i> extra, concretamente o <i>step Fire</i>. Deste modo, sempre que uma entidade termina o processo de SM2 é disparado um evento que culminará na criação de uma entidade pelo <i>Source</i> correspondente.</p>
<p>Nodos de Entrada</p>		<p>Aquando da entrada de entidades num Nodo de Entrada, existirá um incremento de uma unidade numa variável auxiliar denominada “Contador”. Após este passo irá ser verificado qual o valor da variável “Tipo” e, dependendo do <i>Source</i> que criou a entidade, esta será enviada para o <i>Server</i> correspondente.</p>
<p>Todos os Sources</p>		<p>Antes da criação de entidades por parte dos <i>Sources</i>, estes irão verificar se já produziram estas em número suficiente para cumprir a procura diária. Esta verificação é efetuada recorrendo à variável “Contador”. Caso a procura já tenha sido atingida, ou seja, caso o valor da variável auxiliar seja igual à quantidade de produção necessária, a atividade dos <i>Sources</i> irá parar até que as 24h do dia estejam cumpridas, o que é garantido recorrendo ao <i>step Delay</i>. Finalizado este passo, é feito um <i>reset</i> à variável “Contador” pois o sistema irá recomençar a criar entidades.</p>



Posto isto, e tendo em consideração os processos anteriormente detalhados, é necessário realizar uma descrição genérica do funcionamento do sistema o que é efetuado recorrendo aos fluxogramas representados pela Figura 19 e pela Figura 20.

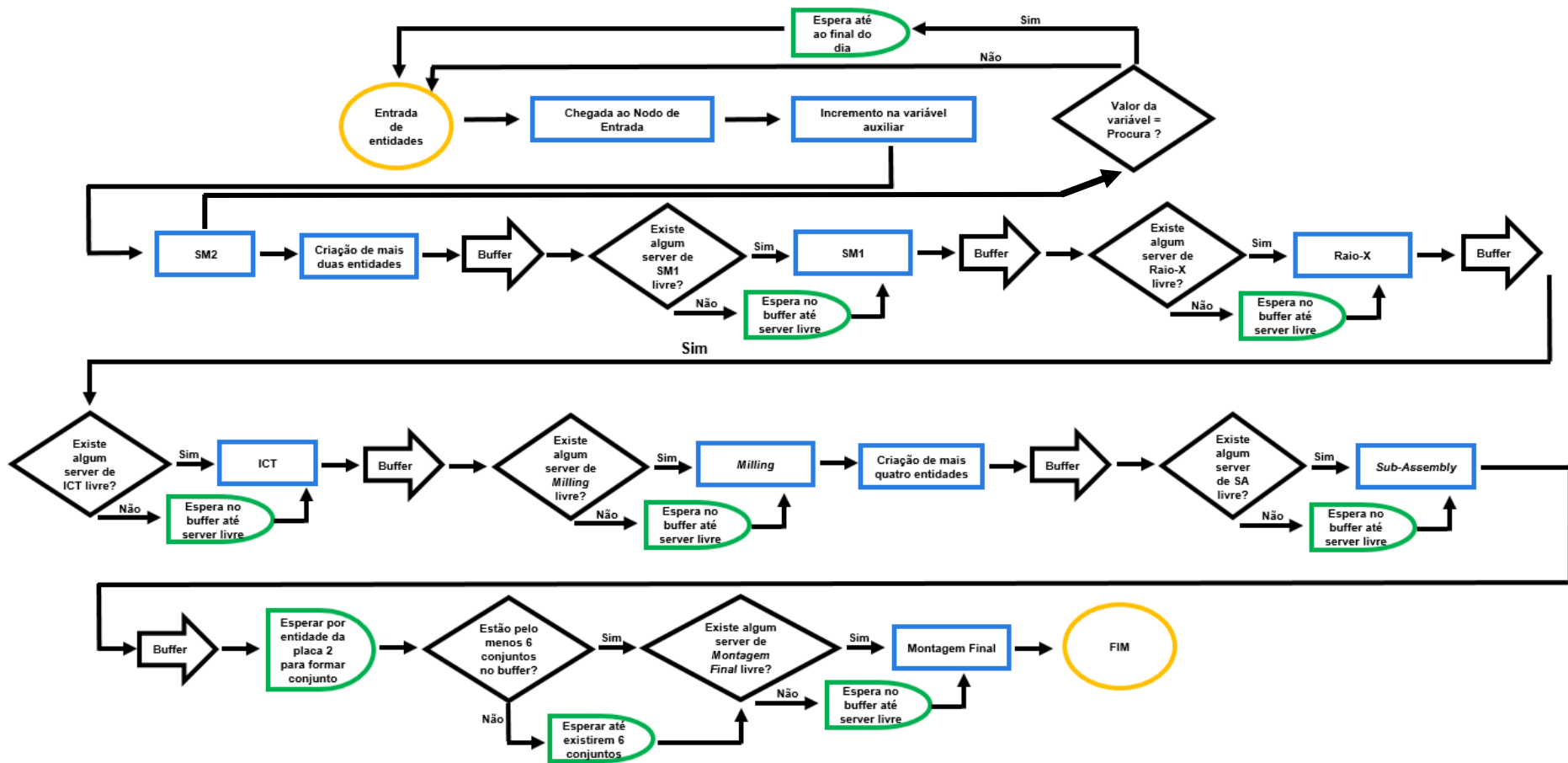


Figura 19 - Fluxograma ilustrativo do funcionamento do modelo para a placa 1

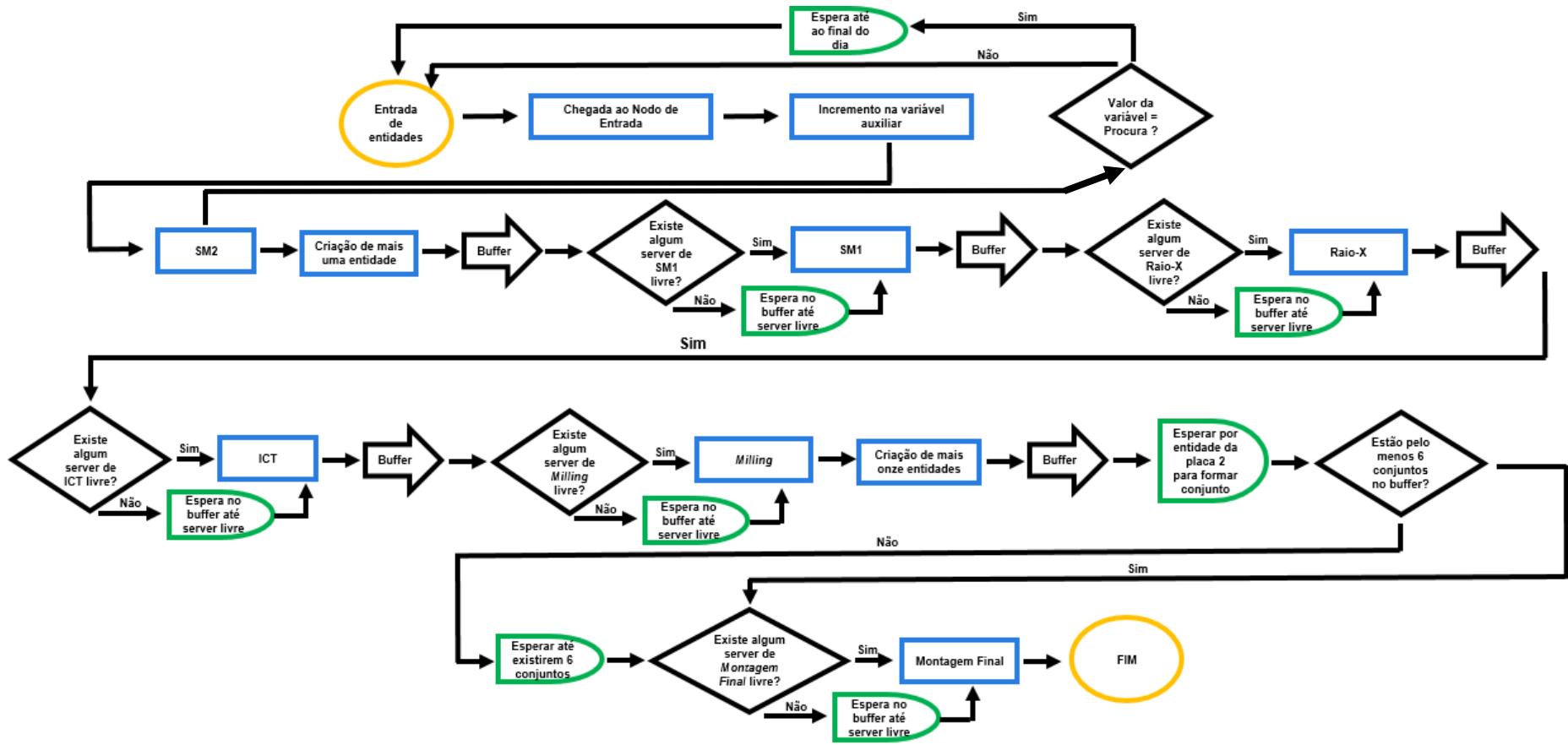


Figura 20 - Fluxograma ilustrativo do funcionamento do modelo para a placa 2

5.1.4. Resultados da Simulação

Por forma a determinar a quantidade de *WIP* existente nos *buffers*, a simulação foi colocada a correr durante um horizonte temporal de 480 horas. Finalizado este passo, foram retirados os resultados correspondentes tendo o principal enfoque sido colocado na estatística “*Maximum Number in Station*”. Esta foi analisada para todos os *buffers* e, na prática, significa que em algum momento da simulação existiu aquela quantidade de stock intermédio nos *buffers*. De ressaltar que a análise foi realizada para o valor máximo pois, na verdade, este é o valor que interessa para o dimensionamento. De facto, o sistema tem de garantir as condições para albergar esta quantidade máxima de *stock* entre processos. Realizadas estas considerações, os resultados obtidos estão dispostos na Tabela 32.

Tabela 32 - Resultados da Simulação

Placa	Processos	Buffer	Unid. Transporte	Qtd Placas/Container	WIP Máximo	WIP Máximo (placas)
1	SM2 -> SM1	Buffer 1	Container	8	6	48
	SM1 -> Raio-X	Buffer 2	Container	8	2	16
	Raio-X -> ICT	Buffer 3	Container	8	84	672
	ICT -> Milling	Buffer 4	Container	8	8	64
	Milling -> Sub-Assembly	Buffer 5	Container	8	169	338
	Sub-Assembly -> Montagem Final	Buffer 10	Tabuleiro	2	51	102
Em	SM2 -> SM1	Buffer 6	Container	24	0	0
	SM1 -> Raio-X	Buffer 7	Container	24	47	1128
	Raio-X -> ICT	Buffer 8	Container	24	3	72
	ICT -> Milling	Buffer 9	Container	24	0	0
	Milling -> Montagem Final	Buffer 10	Tabuleiro	2	229	458
Total					599	2898

Analisando a Tabela 32 é possível perceber imediatamente que existem algumas melhorias relativamente ao *standard* existente na empresa. Desde logo, os resultados da simulação vêm confirmar que o *WIP* se encontra presente entre um número mais vasto de processos do que aqueles considerados pelo *standard*. Assim, é possível afirmar que este modelo de simulação

providencia uma melhor compreensão do impacto e da localização do *stock* entre processos e, conseqüentemente, um dimensionamento do sistema produtivo mais preciso e, acima de tudo, mais ajustado às suas reais necessidades. Em segundo lugar, constata-se que a quantidade total de *WIP* presente na simulação, 2898 placas, é inferior àquela considerada pelo *standard*. Assim, o modelo de simulação permite também afirmar que existia um sobredimensionamento dos *buffers* de stock intermédio.

Posto isto, é importante perceber qual o impacto, tanto monetário como a nível de espaço, que advém da existência desta quantidade *WIP*. Os resultados desta análise estão presentes na Tabela 33 e na Tabela 34.

Tabela 33 - Número de racks e espaço necessário para armazenar o *WIP*

Placa	Processos	Buffer	Unidades				Nº Racks	Área Necessária (m ²)
			Unidade Transporte	Transporte/ Buffer	Qtd/Rampa	Nº Níveis		
1	SM2 -> SM1	Buffer 1	Container	6	5	2	1	1.46
	SM1 -> Raio-X	Buffer 3	Container	2	5	2	1	1.46
	Raio-X -> ICT	Buffer 5	Container	84	5	2	9	13.16
	ICT -> Milling	Buffer 7	Container	8	5	2	1	1.46
	Milling -> Sub-Assembly	Buffer 9	Tabuleiro	169	48	2	2	3.20
	Sub-Assembly -> Montagem Final	Buffer 10	Tabuleiro	51	48	2	1	1.60
2	SM2 -> SM1	Buffer 2	Container	0	5	2	0	7.31
	SM1 -> Raio-X	Buffer 4	Container	47	5	2	5	1.46
	Raio-X -> ICT	Buffer 6	Container	3	5	2	1	0.00
	ICT -> Milling	Buffer 8	Container	0	5	2	0	4.39
	Milling -> Montagem Final	Buffer 10	Tabuleiro	229	48	2	3	4.80
Total							24	40.30

Tabela 34 - Impacto Financeiro do WIP

Placa	Processos	Buffer	Unidade Transporte	Quantidade de placas	Wip Máximo	Wip		
						Máximo (placas)	Custo/placa (€)	
							Custo Máximo (€)	
1	SM2 -> SM1	Buffer 1	Container	8	6	48	16.22	778.46
	SM1 -> Raio-X	Buffer 3	Container	8	2	16	58.80	940.80
	Raio-X -> ICT	Buffer 5	Container	8	84	672		30 513.60
	ICT -> Milling	Buffer 7	Container	8	8	64		3 763.20
	Milling -> Sub-Assembly	Buffer 9	Tabuleiro	2	169	338		19 874.40
	Sub-Assembly -> Montagem Final	Buffer 10	Tabuleiro	2	51	102	66.18	6 750.36
2	SM2 -> SM1	Buffer 2	Container	24	0	0	11.09	-----
	SM1 -> Raio-X	Buffer 4	Container	24	47	1128	66.21	74 684.88
	Raio-X -> ICT	Buffer 6	Container	24	3	72		4 767.12
	ICT -> Milling	Buffer 8	Container	24	0	0		-----
	Milling -> Montagem Final	Buffer 10	Tabuleiro	2	229	458	66.86	30 621.88
Total					599	2898		181 694.70

Através da análise da tabela é, assim, possível verificar que o impacto financeiro associado à quantidade de WIP gerada pelo modelo de simulação é de 181 694.70 €.

5.1.5. Validação da Simulação

Por forma a poder ter em consideração os resultados anteriormente apresentados, foi necessário garantir a validade do modelo de simulação. Por outras palavras, foi essencial avaliar que o modelo era estável e, conseqüentemente, capaz de representar o funcionamento do sistema produtivo.

Dito isto, e de modo a realizar esta validação, foi imprescindível assegurar que o número de entidades nos *buffers*, ou seja, a quantidade de WIP não era diretamente proporcional ao número de horas em que a simulação esteve a correr. Na prática, foi verificado que o sistema era capaz de estabilizar, ou seja, que iria ser criado um fluxo de criação e destruição de entidades que tornasse esta estabilização possível.

Posto isto, de modo a efetuar esta verificação, colocou-se o *software* a executar um gráfico, durante as 480 horas de simulação, ilustrando a quantidade máxima de entidades presente em cada um dos buffers a cada momento.

O gráfico relativo ao *buffer* 1 está presente na Figura 21 tendo sido os restantes gráficos remetidos para o Apêndice 2.

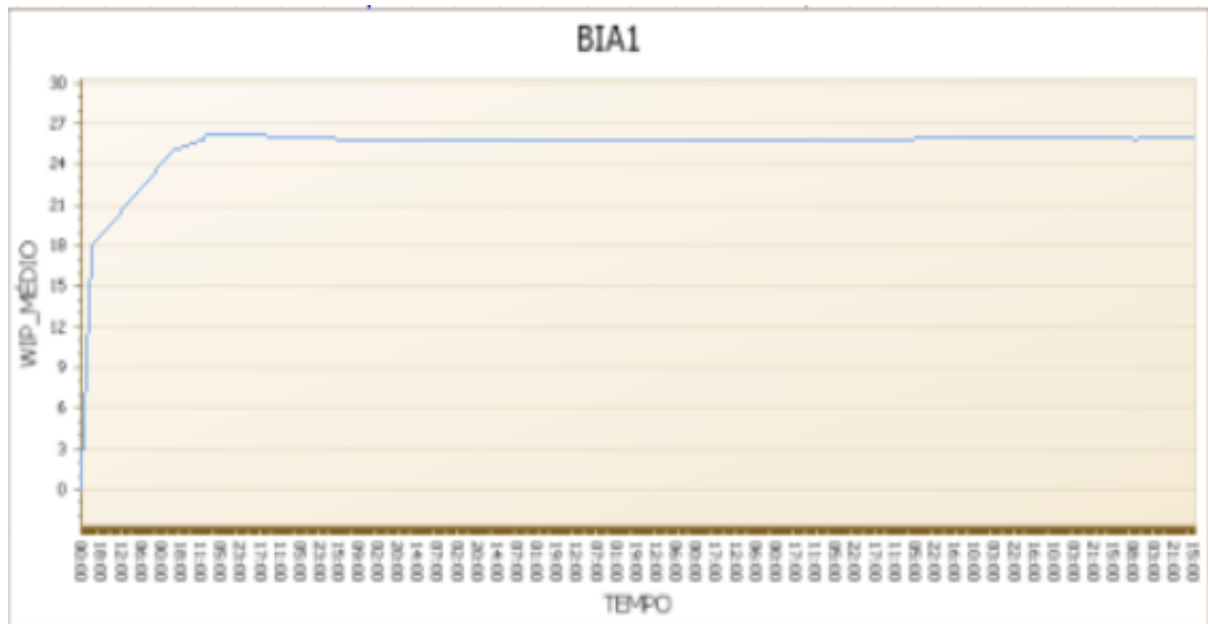


Figura 21 - Gráfico de validação da simulação referente ao buffer 1

Como é possível verificar, a partir de um dado momento da simulação, a quantidade presente nos *buffers* estabiliza. Assim, é possível concluir que, após a estabilização do sistema, existe uma normalização da quantidade máxima de entidades existentes nos *buffers*. Deste modo, pode-se afirmar que a validação da simulação foi realizada com sucesso. De ressaltar que os gráficos presentes nos anexos apresentam resultados semelhantes.

5.2. Proposta de um novo sistema

Através da análise do funcionamento do sistema e da simulação anteriormente apresentada, considerou-se que, através de algumas alterações ao funcionamento do sistema, seria possível reduzir o nível de *stock* intermédio existente e, não menos importante, alterar o paradigma de produção *push* do sistema tornando-o, assim, consideravelmente mais eficiente e próximo das necessidades do cliente. Assim, ao longo das próximas subsecções, serão detalhadas todas as alterações propostas, acompanhadas de uma explicação do seu dimensionamento e funcionamento.

5.2.1. Representação do sistema proposto

O primeiro passo realizado foi a utilização da linguagem do *Value Stream Mapping* de modo a obter uma representação do funcionamento que é pretendido para o sistema. Assim, na Figura 22 e na Figura 23 é possível verificar as alterações que neste foram realizadas com vista à melhoria da sua eficiência e à redução dos níveis de inventário.

De ressaltar que este VSM é bastante genérico, pretendendo apenas demonstrar a proposta do autor para o sistema, não contendo, assim, nenhuma informação adicional nem nenhum indicador de desempenho.

Posto isto, este VSM será o ponto de partida para a explicação do funcionamento do sistema e do dimensionamento que foi realizado, estando apresentado na Figura 22 e na Figura 23.

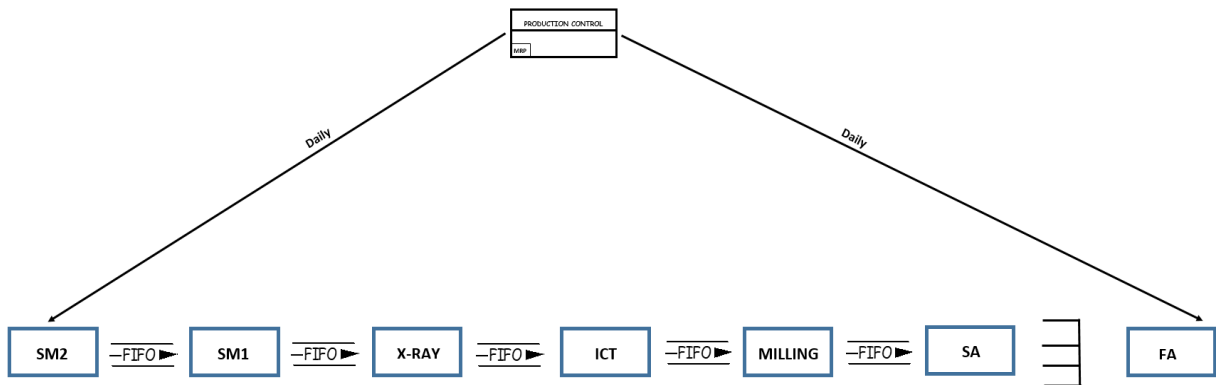


Figura 22 – Funcionamento do sistema proposto para a placa 1

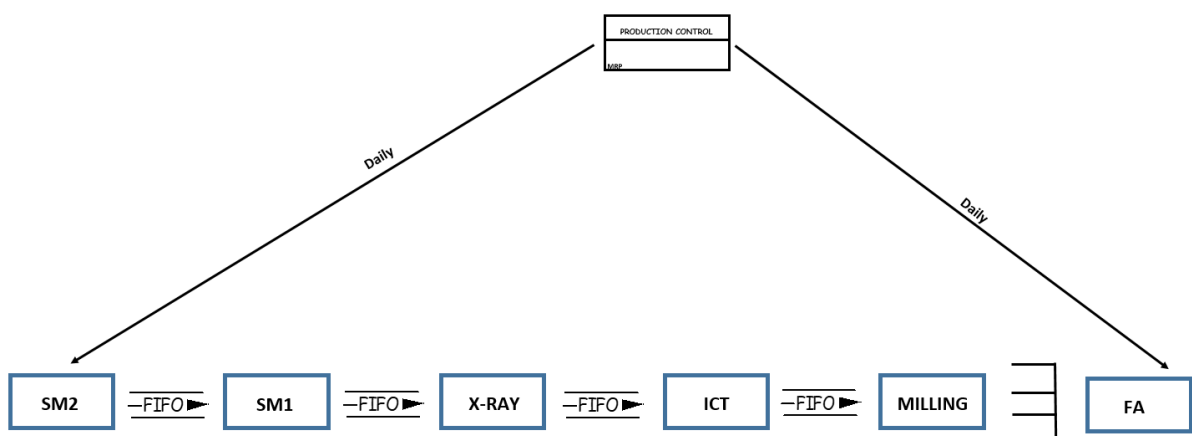


Figura 23 – Funcionamento do sistema proposto para a placa 2

Através da análise dos sistemas apresentados, é possível, desde logo, perceber que existem algumas mudanças relativamente ao funcionamento tradicional do sistema. Em primeiro lugar,

o planeamento continua a ser realizado para a secção de montagem final. Contudo, este apenas será entregue à referida secção e ao primeiro processo, ou seja, SM2.

Em segundo lugar, após receber o plano de produção a secção de SM2 irá iniciar a produção. No entanto, e contrariando o paradigma de produção totalmente empurrada verificado no sistema original, a produção será controlada por FIFO LANES que funcionarão como limitadoras de *stock* e indicarão o momento de início da produção.

Deste modo, é possível perceber que, apesar de o sistema produtivo ainda funcionar de acordo com o planeamento tradicional da produção, este sofrerá algumas alterações no seu funcionamento de modo a que seja possível conjugar uma limitação do *stock* entre processos com o sistema de ordens de produção existente.

No entanto, e antes de proceder a uma explicação mais detalhada da proposta de funcionamento do sistema produtivo, é importante efetuar a explicação de como foi realizado o dimensionamento das FIFO LANES e do supermercado.

5.2.1. Dimensionamento das FIFO LANES

Como foi anteriormente explicado, as FIFO LANES funcionam como limitadores de *stock* entre processos.

Antes de levar a cabo uma explicação mais pormenorizada do dimensionamento, importa afirmar que este sistema é totalmente condizente com as características do sistema produtivo do produto A. De facto, à exceção da secção de Montagem Final, como será detalhado de seguida, todos os processos funcionam exatamente da mesma forma independentemente da variante do produto que vão produzir, o que vai de encontro às especificações de uma FIFO LANE. Deste modo, é indiferente qual linha/máquina é que realiza a produção de um *container*/tabuleiro, não existindo divisões de fluxo devido às variantes, sendo apenas necessário limitar a totalidade de *stock* existente entre processos. Adicionalmente, verifica-se que o cumprimento do FIFO já é uma realidade no sistema original, não havendo, no entanto, nenhum dimensionamento de um sistema deste tipo, ou seja, não existindo nenhuma limitação de WIP.

Deste modo, surge a necessidade de definir a quantidade máxima de *stock* que cada FIFO LANE poderá albergar, ou seja, a partir de que quantidade é que esta não permitirá que o processo a montante continue a produzir.

Assim, foi definido que esta rampa de *stock* terá que ter capacidade para armazenar WIP suficiente para lidar com o pior cenário de paragem do processo a montante. Por outras palavras,

se o processo a montante estiver sujeito ao tempo máximo de paragem, deve haver *stock* suficiente na FIFO LANE para que o processo a jusante não tenha de interromper a sua produção devido a esta paragem.

Posto isto, importa detalhar quais são as componentes a considerar para determinar este tempo máximo de paragem. Esta informação está detalhada na Figura 24.

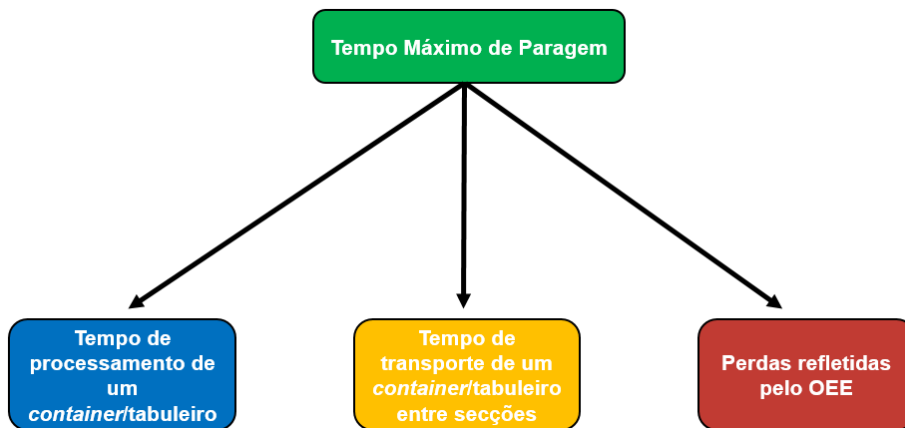


Figura 24 - Componentes do tempo máximo de paragem

Efetuada uma explicação do esquema, verifica-se que o pior cenário de paragem, ou seja, o tempo máximo de paragem, é dado pela conjugação dos três fatores anteriormente apresentados. De facto, se o processo a montante parar, o *stock* presente na FIFO LANE tem de ser capaz de compensar o tempo que este processo demorará a produzir um *container*/tabuleiro e o tempo que o *container*/tabuleiro demorará a chegar ao processo a jusante. Contudo, é ainda necessário considerar que podem ocorrer, no processo a montante, faltas de material, avarias e outro tipo de situações que estão contempladas no OEE. Assim, o pior cenário que pode ocorrer é que a diferença entre 100% e a percentagem de OEE seja devida a uma única paragem. Deste modo, a FIFO LANE deve ter dimensão suficiente para contemplar estes três fatores.

De ressaltar que, pelo facto de as linhas/máquinas serem dedicadas a este produto, não será contemplado o tempo de *setup* neste dimensionamento.

Deste modo, o primeiro passo para o dimensionamento das FIFO LANES consiste no cálculo dos três fatores anteriormente referidos. Se os tempos de deslocação já foram detalhados na secção 4.1 as restantes parcelas estão detalhadas na Tabela 35, na Tabela 36 e na Tabela 37.

No que às perdas refletidas pelo OEE diz respeito, estas referem-se a um dia de trabalho e pretendem representar a paragem máxima associada a este indicador. Assim, o resultado que pode ser consultado na Tabela 36, é obtido através da Equação 13.

$$\text{Perdas refletidas pelo OEE} = \text{Tempo de turno} \times \text{Número de Turnos} \times (1 - \text{OEE}) \quad (13)$$

Posto isto, os resultados dos fatores anteriormente mencionados são apresentados de seguida.

Tabela 35 - Tempos de produção por container/tabuleiro para ambas as placas

Processos	Unidade de Transporte	Tempo de Produção da	
		placa 1 (min)	placa 2 (min)
SM2	Container	15.12	13.44
SM1	Container	4	6.48
Raio-X	Container	4.27	11.52
ICT	Container	8	16.08
Milling	Tabuleiro	2.67	6.72
Sub-Assembly	Tabuleiro	0.86	
Montagem Final	Tabuleiro	0.9	0.9

Tabela 36 - Perdas refletidas pelo OEE para ambas as placas

Processos	OEE (%)	Tempo de turno		Perdas devido ao
		(min)	Número de Turnos	OEE (min)
SM2	75	480	3	360
SM1	75	480	3	360
Raio-X	85	457	3	206
ICT	90	457	3	137
Milling	95	457	3	69
Sub-Assembly	95	457	3	69
Montagem Final	95	457	3	69

Tabela 37 - Tempo máximo de paragem para ambas as placas

Processos	Tempo máximo de paragem	
	para a placa 1 (min)	para a placa 2 (min)
SM2	375	374
SM1	365	368
Raio-X	211	218
ICT	146	154
Milling	72	76
Sub-Assembly	70	
Montagem Final	69	69

Na Tabela 37 estão, assim, dispostos os valores relativos ao tempo máximo de paragem de todas as secções para ambas as placas. Deste modo, para determinar a dimensão máxima da FIFO LANE é necessário perceber qual a quantidade de *stock* que corresponde aos tempos dispostos na tabela, tendo esta sido calculada através da Equação 13.

$$\text{Dimensão da FIFO LANE} = \frac{\text{Tempo máximo de paragem}}{\text{TC do processo a jusante}} \quad (13)$$

Efetuada uma breve explicação da Equação 13, ao dividir o tempo máximo de paragem ou seja, o horizonte temporal máximo que é expectável que um processo possa estar parado, pelo Tempo de Ciclo do processo seguinte, está a ser determinado qual é a quantidade necessária de *WIP* para alimentar o processo a jusante durante a paragem anteriormente referido.

Posto isto, as dimensões das FIFO LANES, resultado do cálculo anteriormente detalhado, estão dispostas na Tabela 38.

Tabela 38 - Dimensões das FIFO LANES

Placa	Processos	Stock Máximo	Stock Necessário
1	SM2 -> SM1	0	8
	SM1 -> Raio-X	81	
	Raio-X -> ICT	26	
	ICT -> Milling	0	
	Milling -> Sub-Assembly	0	5
	Sub-Assembly -> Montagem Final	78	
2	SM2 -> SM1	0	2
	SM1 -> Raio-X	32	
	Raio-X -> ICT	13	
	ICT -> Milling	0	
	Milling -> Montagem Final	78	

Analisando a Tabela 38, contendo os resultados do dimensionamento das FIFO LANES, verifica-se que, no que à terceira coluna diz respeito, esta apresenta os resultados da aplicação da equação 2. No que concerne à quarta coluna, verifica-se que esta, apenas apresenta valores nas linhas correspondentes a grupos de processos onde existe diferenças entre *input* e *output*. Deste modo, e apesar de não existir *buffer* entre esses processos, o *output* do primeiro processo excede o número de máquinas existentes no processo a jusante. Assim, embora seja verdade que no final do ciclo não existirá *stock* no *buffer*, é necessário existir espaço reservado para

armazenar a diferença entre *input* e *output*. Contudo, e tomando os processos de SM2 e SM1 para a placa 1 como exemplo, esta necessidade de espaço pode ser melhor compreendida analisando a Figura 25.

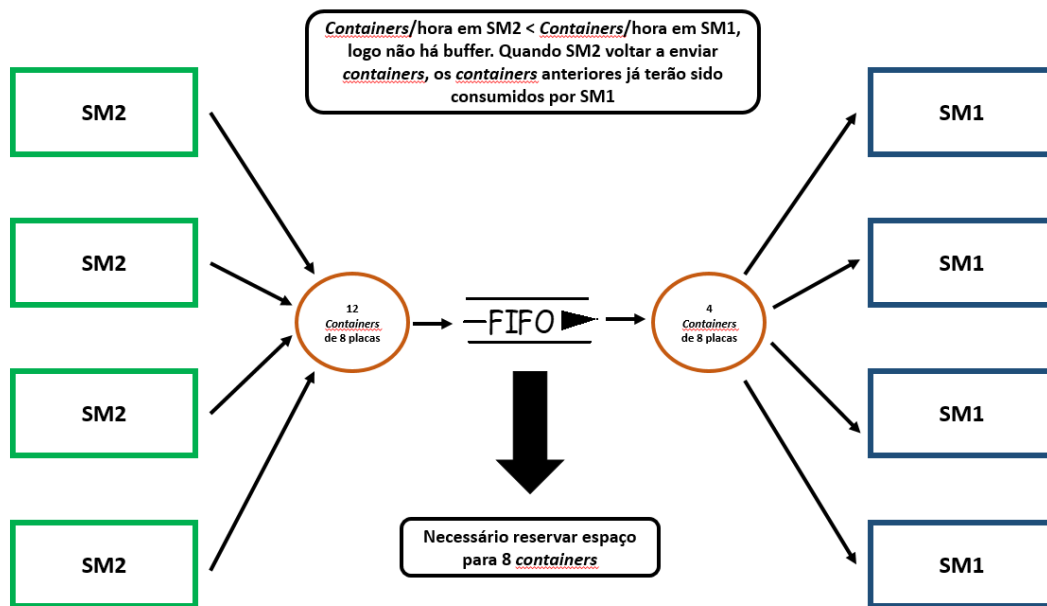


Figura 25 - Esquema ilustrativo da coluna "Stock Necessário"

Adicionalmente, o cálculo da FIFO LANE referente à Montagem Final foi corrigido de modo a poder representar um número inteiro de lotes de 6 tabuleiros. Assim, apesar de o resultado do cálculo ter sido 77 tabuleiros, este foi aumentado em 1 tabuleiro de modo a existir espaço para exatamente 13 lotes.

De ressaltar que este dimensionamento teve como base o dimensionamento de FIFO LANES realizado por Silva (2014).

5.2.2. Abastecimento da Montagem Final

Na subsecção anterior verificou-se que no dimensionamento realizado para a secção de Montagem Final foi considerado que lá seria colocada uma FIFO LANE.

No entanto, se é verdade que em todas as secções anteriores o FIFO é integralmente cumprido, na Montagem Final não é totalmente assim. De facto, as linhas de montagem final podem ter especificações ligeiramente diferentes podendo, assim, estar aptas a produzir variantes distintas.

Posto isto, a colocação de uma FIFO LANE torna-se inviável devido à intersecção de fluxos que pode ocorrer. Com efeito, uma paragem numa das linhas de montagem final pode, em último caso, levar à paragem das restantes linhas pois estas terão de esperar que a linha que está

parada consuma o lote que lhe diz respeito para poderem retirar da FIFO LANE o lote necessário à sua produção. Assim, o cumprimento integral do FIFO, a que a utilização de uma FIFO LANE obriga, poderá tornar-se impeditivo de um funcionamento eficiente do sistema.

Tendo isto em consideração, optou-se por sugerir um supermercado ao invés do sistema anteriormente demonstrado. No entanto, este estará dimensionado de forma um pouco distinta do habitual dimensionamento deste tipo de sistemas.

Assim, devido ao facto de o sistema estar projetado para funcionar com o habitual sistema de ordens de produção não faz sentido que este supermercado esteja dividido consoante as variantes do produto A. De facto, e por ser pretendido que o sistema seja capaz de incluir todas as variantes do produto, esta divisão levaria a um sobredimensionamento do supermercado visto existirem variantes cuja produção irá ser muito esporádica. Assim, o supermercado terá três secções distintas, uma para cada linha de produção. Dentro destas, o funcionamento será idêntico a uma FIFO LANE, sendo esta secção capaz de armazenar qualquer variante do produto.

Deste modo, o problema da intersecção de fluxos fica resolvido sem prejudicar o desígnio de o sistema ter capacidade para lidar com todas as variantes do produto.

No que à dimensão deste supermercado diz respeito, esta continuará a ser de 78 tabuleiros para cada uma das placas, como anteriormente determinado. Assim, e apesar de existir uma divisão por linhas de montagem, pretende-se que a totalidade de tabuleiros nesta secção não ultrapasse o valor mencionado. Com efeito, pode-se dizer que este supermercado funcionará como uma FIFO LANE mas dividida em linhas de montagem. Tendo isto em consideração, cada uma das secções destinadas a cada uma das linhas de montagem final terá capacidade para albergar 78 tabuleiros de cada placa, de modo a poder ser capaz de fazer face a todos os cenários produtivos possíveis.

5.2.3. Cumprimento do FIFO na FIFO LANE

De modo a cumprir com as regras anteriormente descritas e, por conseguinte, garantir o funcionamento do sistema proposto é fundamental criar as condições para que o FIFO possa ser integralmente cumprido nas *racks* destinadas ao armazenamento do WIP. Deste modo, é importante esquematizar a forma como o abastecimento destas rampas deve ser efetuado. Assim, e recorrendo aos esquemas seguintes, será detalhado como este deve ser levado a cabo.

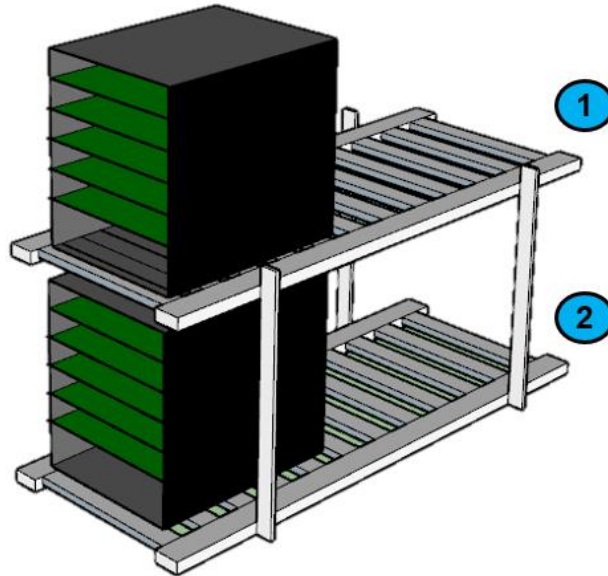


Figura 26 - Abastecimento das FIFO LANES contendo containers

A Figura 26 representa as *racks* existentes para armazenar *containers*. Contudo, a forma como o abastecimento e a retirada de *containers* será realizada, difere de processo para processo pois o número de FIFO LANES e a dimensão desta é variável. Deste modo, foi necessário criar procedimentos para garantir que o FIFO é cumprido. De ressaltar que para efetuar a análise das regras que serão apresentadas de seguida, é necessário ter em conta a seguinte legenda:

- **N** – Capacidade de uma rampa
- **Z** – Número de rampas existentes

Sendo assim, a Figura 27 representa o fluxograma relativo ao processo de abastecimento de uma *rack* de *containers*.

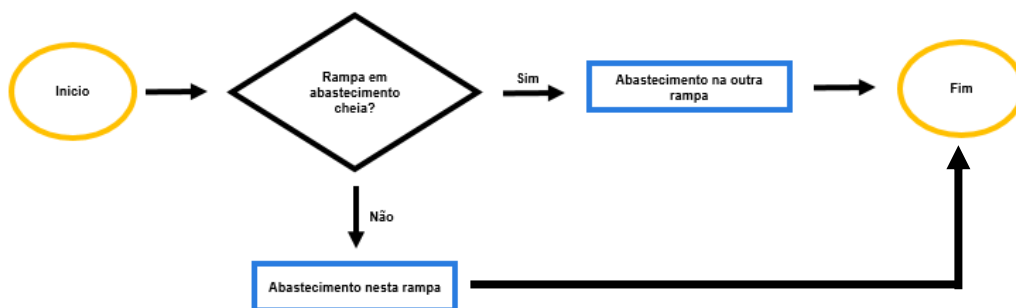


Figura 27 - Fluxograma relativo ao abastecimento de uma rack de containers

De ressaltar que existe ainda uma regra importante para que o cumprimento do FIFO seja garantido. Esta dita que quando uma rampa começar a ser abastecida, esta só pode ser trocada quando estiver completa. Assim, se, por exemplo, o abastecimento estiver a ser feito na rampa 2 e a rampa 1 tiver lugares livres, este deve continuar a ser feito na rampa 2 até que esta esteja completa.

No que à retirada de *containers* diz respeito, o processo para garantir que o FIFO é cumprido é ligeiramente mais complexo. Assim, e tomando como exemplo que esta começa na rampa 1, o procedimento é o seguinte:

- Quando um operador vai realizar a retirada de *containers* terá de, em primeiro lugar, verificar se a rampa 1 está cheia. Caso esta condição não se verifique, este retirará um *container* da rampa e transportá-lo-á até ao processo seguinte. No caso de a rampa estar cheia, este deverá, de igual modo, retirar um *container* da rampa e transportá-lo até ao processo a jusante. Contudo, terá de ter em atenção que retirará apenas N *containers* daquela rampa sendo que o *container* seguinte já será retirado da rampa 2. Uma vez na rampa 2, o operador deverá seguir o raciocínio anteriormente explicado garantindo, assim, que o FIFO é cumprido.

De ressaltar que a retirada de *containers* pode começar em qualquer uma das rampas. Na verdade, esta deve começar na mesma rampa onde começou o abastecimento dos mesmos. Contudo, o raciocínio detalhado anteriormente mantém-se válido independentemente da rampa da qual os *containers* forem retirados em primeiro lugar.

No que toca aos casos em que existe mais do que uma *rack* destinada ao armazenamento de WIP, o funcionamento dos processos anteriormente referidos seguirá a mesma lógica. Contudo, a única diferença é que terá que ser levado em consideração que existe um maior número de rampas. Pegando no exemplo anterior, após retirar N *containers* da rampa 2, o operador passará não para a rampa 1 novamente mas sim para uma rampa 3 e assim sucessivamente até chegar à última rampa.

Sendo assim, o abastecimento e retirada de *containers* quando existe um maior número de *racks* deve seguir uma lógica sequencial. Concretamente, o abastecimento deve ser feito da rampa 1 até à rampa Z e a retirada deve seguir a mesma sequência. Se ambos seguirem esta regra e os procedimentos anteriormente definidos, o FIFO é garantido.

Adicionalmente, é ainda necessário criar regras para o caso em que é necessário armazenar tabuleiros e onde as *racks* são distintas. Tendo isto em consideração, o esquema seguinte representa a forma como este abastecimento deve ser levado a cabo.

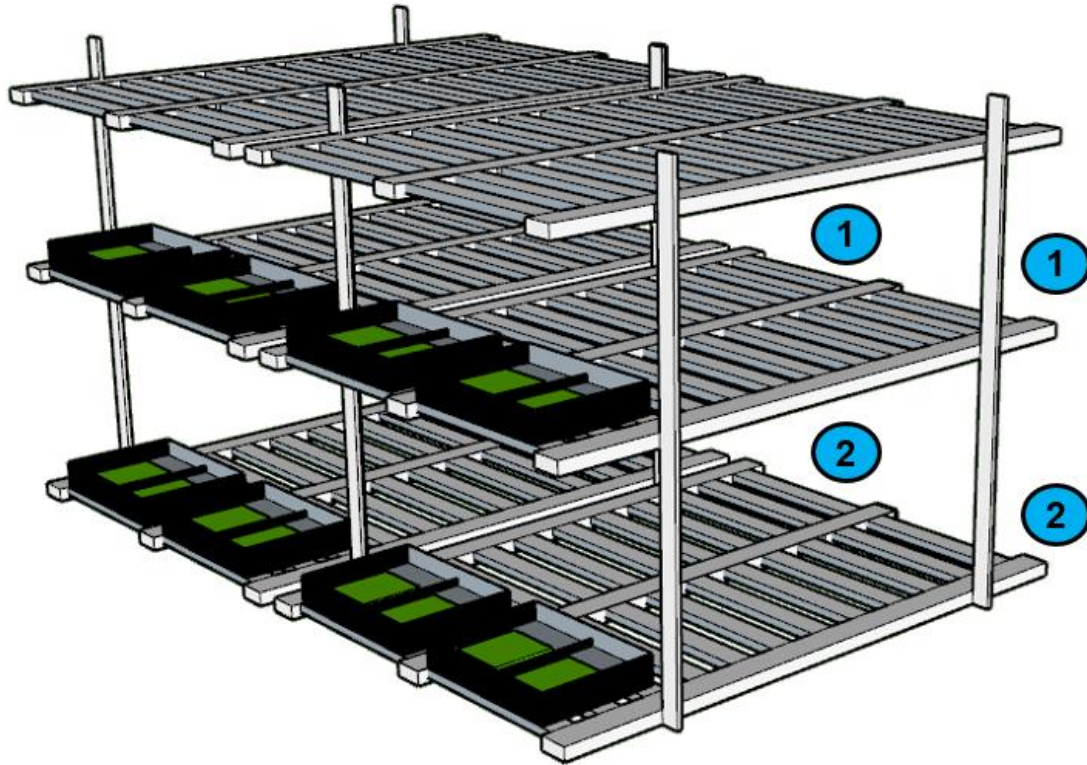


Figura 28 - Colocação e retirada de tabuleiros do supermercado

Analisando a Figura 28, verifica-se que esta representa a estrutura que existirá para cada uma das linhas de montagem final. Assim, a sequência de abastecimento é exatamente a mesma que foi apresentada anteriormente. Por outras palavras, as rampas devem ser sempre abastecidas pela parte de trás, sendo os *containers* retirados pelo lado oposto. Contudo, no caso de um nível estar completo, ou seja, com 4 lotes de 6 tabuleiros, o abastecimento deve ser passado para a rampa superior.

No que toca às regras de abastecimento e retirada de tabuleiros, estas seguem as mesmas regras e sequências demonstradas anteriormente.

Efetuada esta descrição, apenas falta garantir que a gestão visual é eficiente, ou seja, que existe indicação na FIFO LANE de que esta está completa. Deste modo, a última posição de cada FIFO LANE deve ter um cartão indicando o seu final e a capacidade máxima. Dito isto, a proposta do autor para esta sinalização está apresentada na Figura 29.



Figura 29 - Cartão indicador da capacidade máxima da FIFO LANE

Posto isto, é possível garantir que, cumprindo estas regras, o FIFO será integralmente cumprido em todas as secções.

5.2.4. Ordens de produção e funcionamento geral do sistema

Detalhado o raciocínio levado a cabo para dimensionar o novo sistema produtivo, é necessário proceder a uma explicação mais detalhada de como é que este irá funcionar.

Assim, tudo começa com o planeamento diário da produção que, sendo realizado para a secção de Montagem Final, terá de ser entregue no primeiro processo, ou seja, em SM2. De facto, não existe nenhuma mudança no que a este diz respeito pois o planeamento continuará a ser realizado para o produto final e, corrido o MRP, será entregue à secção de SM2. Assim, o sistema continuará a funcionar segundo o sistema de ordens de produção, tendo sido o momento em que estas entram em produção efetiva aquilo que foi alvo de alteração.

Recebido o plano diário, a produção, ou não, de um *container*/tabuleiro em cada uma das secções será determinada pelas diversas FIFO LANES anteriormente dimensionadas. Deste modo, todos os processos, antes de iniciarem a produção, terão de verificar se existe espaço disponível na FIFO LANE ou no supermercado.

No que à alocação de produtos às linhas de montagem final diz respeito, esta deverá continuar a ser realizado exatamente da mesma maneira que anteriormente. Deste modo, aquando do recebimento do plano de produção por parte da montagem final, o responsável irá imediatamente definir em que linha é que será realizada a montagem de cada um dos produtos. Assim, aquando da chegada de um tabuleiro a esta secção, já existirá a indicação de qual espaço é que este deve ocupar no supermercado.

Posto isto, é possível verificar que o sistema está, assim, preparado para providenciar uma limitação do WIP, visto que a decisão sobre o momento da produção está exclusivamente

entregue às FIFO LANES. Assim, estas além de funcionarem como limitadores de *stock* permitirão que exista sempre um conhecimento da quantidade de WIP existente no processo.

5.2.5. Value Stream Mapping do estado futuro para o produto A

Detalhado o dimensionamento e o funcionamento do sistema proposto, foi realizado um VSM com o objetivo de perceber qual o impacto que as alterações propostas têm no sistema produtivo associado ao produto A. Deste modo, na Figura 30 e na Figura 31, são apresentados os VSM's elaborados para ambas as placas.

Análise e melhoria de um processo produtivo recorrendo a ferramentas Lean numa empresa de componentes eletrónicos

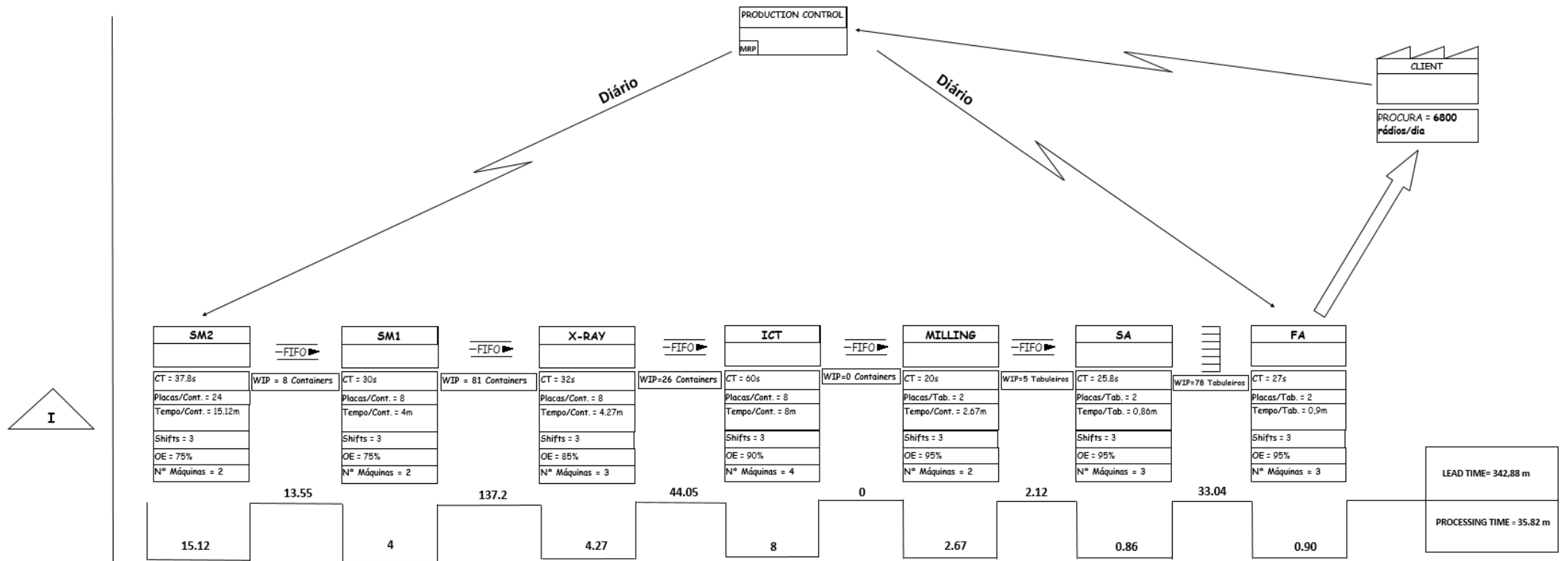


Figura 30 - VSM do estado futuro relativo à placa 1

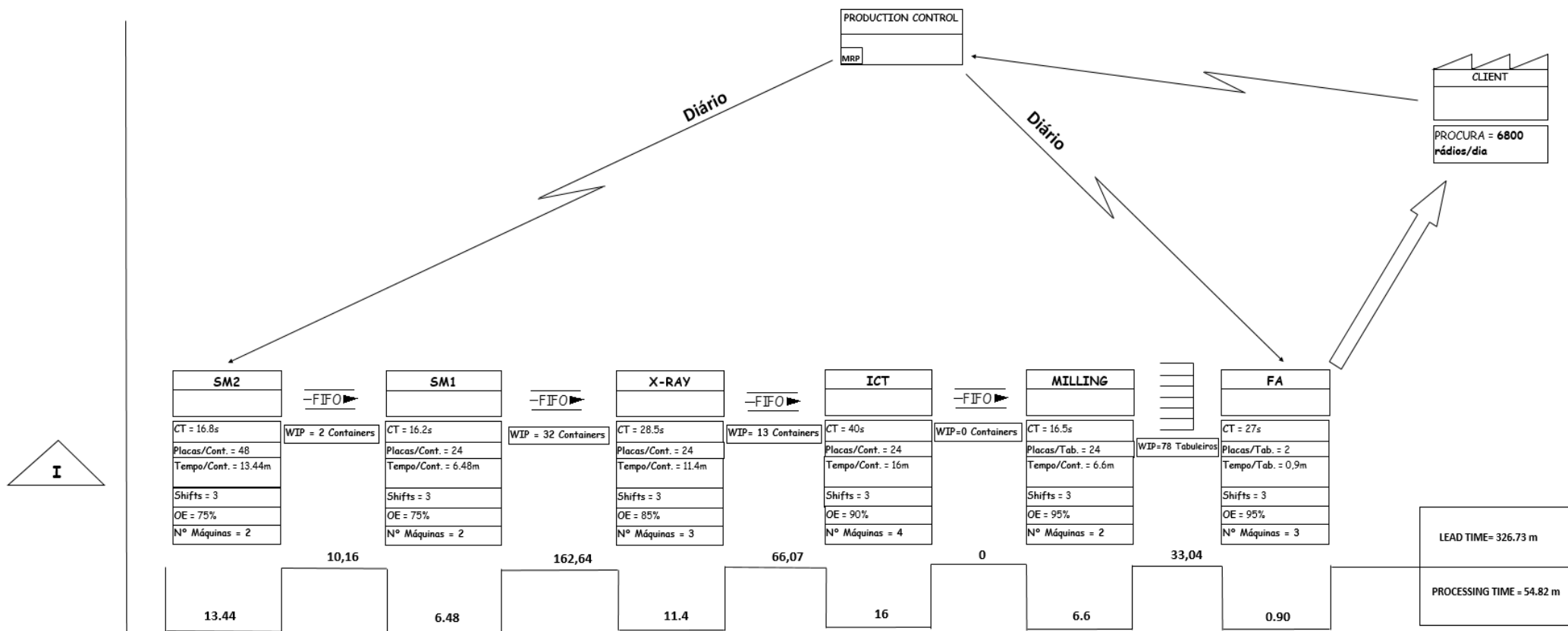


Figura 31 - VSM do estado futuro relativo à placa 2

Apresentados os VSM's correspondentes a ambas as placas, importa retirar algumas ilações, nomeadamente os Rácios de Valor Acrescentado de cada uma das placas. Assim, e recorrendo às equações anteriormente apresentadas, os respetivos RVA's estão apresentados na Tabela 39. De ressaltar que estes valores são referentes às quantidades de *stock* calculadas para as FIFO LANES. De facto, para este cálculo assume-se que estas estão cheias e que a quantidade de *stock* intermédio no sistema é máxima o que, na prática, pode nem sempre ocorrer.

Tabela 39 - RVA e RVNA para ambas as placas

	RVA (%)	RVNA (%)
Placa 1	10.45	89.55
Placa 2	16.78	83.22

Analisando a, verifica-se que as atividades de valor acrescentado representam 2.5h e 4.02h, respetivamente para as placas 1 e 2.

5.2.6. Necessidades de espaço e impacto monetário do WIP no novo sistema

Apresentado o novo sistema é importante perceber qual será o impacto do WIP e quais as necessidades de espaço a que este nível de *stock* entre processos obrigará. Deste modo, o impacto financeiro associado ao WIP está apresentado na Tabela 40.

Tabela 40 - Impacto financeiro do WIP no novo sistema

	Placa	Processo	Qtd/Buffer (Placas)	Custo/Placa (€)	Custo WIP (€)	Custo Total WIP (€)
FIFO LANES	1	SM2 -> SM1	64	16.22	1 038.08	144 752.24
		SM1 -> Raio-X	648	58.80	38 102.40	
		Raio-X -> ICT	208		12 230.40	
		ICT -> Milling	0		-----	
		Milling -> Sub-Assembly	10		588.00	
SM2 -> SM1	48	11.09	532.32			
Supermer cado	2	SM1 -> Raio-X	768	66.21	50 849.28	
		Raio-X -> ICT	312		20 657.52	
		ICT -> Milling	0		-----	
Total	1	Sub-Assembly -> Montagem Final	156	66.18	10 324.08	
	2	Milling -> Montagem Final	156	66.86	10 430.16	
			2370			

Adicionalmente, e como já foi referido na secção anterior, este não é o único impacto associado ao WIP. Assim, as necessidades de espaço e, conseqüentemente, o número de estruturas

necessárias para armazenar esta quantidade de *stock* entre processos estão detalhadas na Tabela 41.

Tabela 41 - Necessidades de espaço no novo sistema

Placa	Processos	Unid. Transporte	Qtd Placas	Qtd Buffer	Qtd Rampa	Nº Níveis	Nº Linhas	Nº Rampas	Área Rampa (m ²)	Área Ocupada (m ²)
1	SM2 -> SM1	Container	8	8	5	2		1	1.46	1.46
	SM1 -> Raio-X	Container	8	81	5	2		9		13.16
	Raio-X -> ICT	Container	8	26	5	2		3		4.39
	ICT -> Milling	Container	8	0	5	2		0		0.00
	Milling -> Sub-Assembly	Tabuleiro	2	5	48	2		1	1.6	1.60
2	SM2 -> SM1	Container	24	2	5	2		1	1.46	1.46
	SM1 -> Raio- X	Container	24	32	5	2		4		5.85
	Raio-X -> ICT	Container	24	13	5	2		2		2.92
	ICT -> Milling	Container	24	0	5	2		0		0.0
Super mercado	Milling -> Montagem Final + Sub-Assembly-> Montagem Final	Tabuleiro	2	156	48	2	3	6	1.6	9.61
TOTAL								27		40.45

Através da análise da Tabela 41 é possível verificar que, para albergar a nova quantidade de WIP, serão necessários 40.45 m² de área.

Posto isto, é ainda necessário lembrar que, na Aptiv, cada m² tem um custo anual de 100€. Assim, verifica-se que o impacto financeiro associado ao espaço necessário para armazenar o WIP é de 4045€ por ano.

5.3. Atualização e realização de instruções de trabalho

Como mencionado na secção anterior, existem ainda algumas oportunidades de melhoria na empresa, nomeadamente ao nível do *standard work*.

Durante a análise do processo produtivo, não só do produto A mas de todos os produtos atualmente em produção na unidade de Braga, verificou-se a existência de desatualização de algumas instruções de trabalho e, no caso de alguns produtos, a necessidade de criação destas.

Assim sendo, com o objetivo de garantir que existe um *standard* bem definido para todos os processos e, mais importante ainda, de modo a prevenir a ocorrência de não-conformidades

devido à não representação da realidade por parte das instruções de trabalho, foram realizadas intervenções a este nível nos processos e produtos descritos na Tabela 42.

De ressaltar que a atualização/criação de instruções de trabalho foi realizada através da observação direta dos processos e, por conseguinte, de todas as operações constituintes destes.

As instruções de trabalho alvo de intervenção podem ser consultadas desde o Apêndice 3 até ao Apêndice 9.

Tabela 42 - Criação e atualização de instruções de trabalho

Processo	Posto	Intervenção	Produto
Montagem Final	P2	Atualização	B
	Embalagem	Atualização	B
	Sistema de Testes	Atualização	B
	P1	Criação	C
	P2	Criação	C
	P3	Criação	C
	P4	Criação	C
	P5	Criação	C
	CM1	Criação	C
	P1	Atualização	D
	P2	Atualização	D
	P3	Atualização	D
	P4	Atualização	D
	P5	Atualização	D
	P6	Atualização	D
	Sistema de Testes	Atualização	D
	P1	Criação	F
	P2	Criação	F
	P3	Criação	F
	P4	Criação	F
	P5	Criação	F
	Embalagem	Criação	F
	CM1	Criação	F
<i>Gap-Filler</i>	Criação	F	
Sistema de Testes	Criação	F	
Reparação	Posto de Reparação	Criação	C
	Posto de Reparação	Criação	F
	Posto de Reparação	Criação	G
	Posto de Reparação	Criação	H
	Posto de Reparação	Criação	I

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Apresentadas e detalhadas as propostas de melhoria pretende-se, ao longo deste capítulo, avaliar o impacto que estas terão no funcionamento do sistema produtivo. Para o efeito, será realizada, em primeiro lugar, uma análise comparativa do impacto monetário e espacial do WIP e da redução proposta. Seguidamente, serão analisados alguns indicadores de desempenho com o objetivo de perceber a influência das medidas propostas na eficiência do sistema produtivo associado ao produto A.

6.1.Redução do WIP

A adoção do sistema proposto traz, como já foi referido, como primeiro impacto a redução da quantidade de *stock* intermédio. Contudo, de modo a ser possível perceber a dimensão desta diminuição, foi necessário realizar uma comparação entre o sistema original e o sistema proposto. Assim, os resultados desta análise estão detalhados na Tabela 43.

Tabela 43 - Redução da quantidade de placas em WIP

	Quantidade de placas em WIP	Redução (%)
Sistema Original	6800	65.14
Sistema Proposto	2370	

Através da observação da tabela anterior é possível, assim, perceber que foi alcançada uma redução de 4430 placas no *stock* intermédio, o que corresponde a uma percentagem de cerca de 65% de redução.

Contudo esta análise é insuficiente, pois esta consiste num balanço em termos absolutos. De facto, com o objetivo de obter uma visão clara de onde é que o WIP sofreu uma maior redução, foi indispensável a realização de um estudo placa a placa. Os seus resultados podem ser observados na Tabela 44.

Tabela 44 - Redução de WIP para ambas as placas

Placa 1			
	Sistema Original	Sistema Proposto	Redução (%)
Quantidade de Containers	284	115	59.50
Número de Placas	2272	920	
Quantidade de Tabuleiros	567	83	85.36
Número de Placas	1134	166	
Placa 2			
	Sistema Original	Sistema Proposto	Redução (%)
Quantidade de Containers	95	47	50.52
Número de Placas	2280	1128	
Quantidade de Tabuleiros	567	78	86.24
Número de Placas	1134	156	

Analisando a Tabela 44, é, em primeiro lugar, possível verificar que existe uma redução mais significativa, na ordem dos 86%, nos tabuleiros de ambas as placas. No entanto, é de ressaltar que os *containers* também sofreram uma redução considerável, sendo esta de 59.50% e 50.52% para a placa 1 e para a placa 2, respetivamente.

6.2.Redução do Capital Parado

Como foi anteriormente mencionado, o WIP representa capital parado, ou seja, capital que ao invés de estar a ser aplicado de qualquer outra forma está empatado em placas que não estão a ser requisitadas naquele preciso momento. Com efeito, as alterações propostas para o sistema têm como objetivo a redução da dimensão deste capital parado.

Sendo assim, na Tabela 45 é possível consultar o impacto que o novo sistema produtivo e, consequentemente, a redução de WIP tem a este nível.

Tabela 45 - Impacto monetário da redução do WIP

	Custo do WIP (€)	Redução (€)	Redução (%)
Sistema Original	427 861.67	283 109.43	66.71
Sistema Proposto	144 752.24		

Como é possível observar através da análise da Tabela 45, a redução do capital parado é de 283.109,43€. Contudo, para tornar a análise efetiva, é necessário compreender o que este valor significa. Assim, este indica que existirão menos 283.109,43€ de capital parado no sistema produtivo. No entanto, não é possível interpretar este valor como uma poupança diária mas antes como uma redução.

Como o objetivo de perceber quanto é que a empresa pode lucrar com esta redução, é necessário conhecer a sua taxa de atualização, ou seja, a que taxa a que a empresa pode colocar aquele capital a render e, por conseguinte, qual o ganho que isto representa. Por outras palavras, esta redução diz que, ao invés de parado sob a forma de placas eletrónicas, o valor de 283.109,43€ estará disponível para a empresa. Assim, a taxa de atualização representa o ganho que esta conseguirá gerar através deste capital, e esta é de 10% ao ano. Sendo assim, ao final de um ano, será possível obter 28 310.94€ a partir desta redução.

6.3.Redução de espaço de armazenamento

Como veio sendo referido ao longo das secções anteriores, um dos pontos importantes desta redução de *stock* intermédio é a menor necessidade de espaço de armazenamento e, por conseguinte, a menor exigência de investimento em estruturas de armazenamento, nomeadamente *racks*.

Antes de passar à apresentação e comparação dos resultados, é importante perceber que o *layout* atual não tem grande capacidade para receber grandes quantidades de stock pelo que qualquer poupança de espaço é de extrema relevância.

Deste modo, o impacto da redução do espaço de armazenamento pode ser consultado na Tabela 46 e na Tabela 47.

Tabela 46 - Comparação do espaço necessário para armazenamento de WIP

	Quantidade <i>Racks</i> para <i>Containers</i>	Quantidade <i>Racks</i> para Tabuleiros	Quantidade <i>Racks</i> no Supermercado	Área Ocupada (m ²)
Sistema Original	39	13		75.90
Sistema Proposto	29	1	6	40.45

Tabela 47 - Impacto do novo sistema no espaço de armazenamento

Redução (m ²)	Redução Percentual (%)
35.45	46.71

Considerando que cada m², na Aptiv, tem um custo anual de 100€, o impacto monetário desta redução espacial está representado na Tabela 48.

Tabela 48 - Impacto monetário da redução de espaço

	Espaço ocupado (m ²)	Custo Anual (€)	Redução (€)
Sistema Original	75.90	7 590.00	3 545.00
Sistema Proposto	40.45	4 045.00	

6.4. Impacto ao nível do processo produtivo

Além do impacto monetário e espacial anteriormente detalhado, é fundamental ressaltar que a redução dos níveis de WIP tem uma influência significativa na fluidez e eficiência do sistema produtivo. De facto, esta redução terá imediatamente impacto no Lead Time e nos rácios de valor acrescentado e valor não acrescentado no sistema. Assim, foi, em primeiro lugar, realizada uma comparação destes indicadores, estando os resultados dispostos na Tabela 49 e na Tabela 50.

Tabela 49 - Aumento do RVA de ambas as placas

<i>Placa 1</i>				
	Sistema Original	Sistema Proposto	Aumento (%)	Aumento (h)
RVA (%)	4.74	10.45	5.71	
TVA (h)	1.13	2.51		1.38
<i>Placa 2</i>				
	Sistema Original	Sistema Proposto	Aumento (%)	Aumento (h)
RVA (%)	7.08	16.78	9.7	
TVA (h)	1.70	4.03		2.33

Tabela 50 - Redução do Lead Time de ambas as placas

<i>Placa 1</i>				
	Sistema Original	Sistema Proposto	Redução (%)	Redução (min)
Lead Time (min)	755.82	342.88	54.63	412.94
<i>Placa 2</i>				
	Sistema Original	Sistema Proposto	Redução (%)	Redução (min)
Lead Time (min)	774.82	326.73	57.83	448.09

A análise da Tabela 49 e da Tabela 50 permite retirar diversas conclusões no que ao funcionamento do sistema produtivo diz respeito. Em primeiro lugar, verifica-se que o RVA de ambas as placas sofreu um aumento de 5.71% e 9.7%, respetivamente para a placa 1 e placa 2. Isto significa que existiu um aumento no tempo que é dedicado a efetivamente acrescentar valor ao produto, tendo este sido de 1.38h e 2.33h para a placa 1 e para a placa 2, respetivamente.

No que concerne ao *Lead Time*, verifica-se que existiu uma redução significativa para ambas as placas. Em concreto, constatou-se uma diminuição de 54.63% para a placa 1 e de 57.83% para a placa 2. Contudo, para entender a dimensão desta redução, é necessário perceber que o *Lead Time*, neste contexto, é definido como o tempo em que uma unidade irá demorar a percorrer todo o sistema produtivo e, conseqüentemente, a ser consumida pelo cliente. Assim,

esta redução permite o ganho de 412.94 minutos de produção para a placa 1 e de 448.09 minutos produtivos para a placa 2.

7. CONCLUSÕES

Neste capítulo são exibidas as conclusões finais relativas ao projeto de dissertação. Aqui são também apresentados os seus principais resultados e algumas propostas de trabalho futuro.

7.1. Considerações Finais

A exigência do setor automóvel, mercado onde a Aptiv se insere, obriga a uma constante busca pela eficiência e otimização dos sistemas produtivos. Deste modo, e apesar de a Aptiv ser uma empresa de referência no referido ramo, existe sempre lugar para a melhoria dos processos produtivos.

Assim, é precisamente neste contexto de melhoria continua que se inseriu o presente projeto de dissertação. De facto, foi imediatamente identificado que o *WIP* constituía um dos principais focos de intervenção no sistema produtivo da empresa, tendo sido observada a sua presença numa quantidade superior à desejável. Tendo isto em consideração, o projeto de dissertação teve o seu principal foco na redução desta quantidade de *stock* intermédio e na proposta de um funcionamento alternativo para o sistema produtivo. De ressaltar que a análise foi realizada apenas para o produto A, que ainda não se encontra em produção. A opção pela análise de apenas este produto deve-se ao facto de este se vir a tornar no produto com maior produção da empresa e, conseqüentemente, alvo de uma análise mais exaustiva do seu processo produtivo.

Assim sendo, é importante referir que as alterações propostas não foram ainda implementadas, devido ao desfasamento temporal entre o momento do projeto e a entrada em produção efetiva do produto A.

Posto isto, e com o objetivo de mitigar o impacto do *WIP*, foi proposto um novo funcionamento para o sistema produtivo associado ao produto A. Este, baseado numa alteração das secções às quais o planeamento de produção é entregue e num sistema de *FIFO LANES*, permite que exista uma limitação do *stock* intermédio no sistema produtivo e, não menos importante, uma aproximação da produção às necessidades do cliente através do abandono do paradigma de produção totalmente empurrado. Adicionalmente, foi também verificado que o *standard* atualmente utilizado pela empresa para o dimensionamento de *buffers* não permite um dimensionamento ajustado às necessidades reais. Assim, e com o auxílio do *software* de simulação *SIMIO*, foi encontrada uma aproximação mais ajustada das necessidades de *WIP* do sistema.

Através da adoção destas propostas verifica-se, no que ao impacto monetário diz respeito, uma redução de 66,17% no capital parado, o que representa um ganho anual de 28 310,94€. Adicionalmente, constata-se que existe um potencial de redução de 46.71% no espaço ocupado, o que se traduz numa poupança anual de 3545€. Finalmente, e no que concerne ao impacto no funcionamento do sistema produtivo, as propostas apresentadas resultam numa redução do Lead Time na ordem dos 54.63% para a placa 1 e de 57.83% para a placa 2 e num aumento do RVA de 5.71% para a placa 1 e de 9.7% para a placa 2

Relativamente ao *standard work*, foram executadas uma série de alterações em instruções de trabalho que se podem revelar de extrema importância no caminho para a redução de defeitos. De facto, esta dissertação permitiu também perceber a importância da existência de *standards* bem definidos num processo produtivo.

Em jeito de conclusão, é possível afirmar que este projeto de dissertação permitiu obter um conhecimento profundo dos processos da empresa e de como é que uma empresa desta dimensão funciona. Adicionalmente, as propostas apresentadas permitiram obter uma perceção clara do impacto que o WIP pode ter numa organização e dos esforços que são necessários levar a cabo para mitigar os seus efeitos. Deste modo, é também justo afirmar que ficou claro o impacto e a necessidade que as ferramentas *Lean* ainda encerram.

Contudo, é preciso também considerar a fase em que este projeto teve lugar. De facto, a aplicação dos princípios e ferramentas *Lean* na fase de planeamento de um sistema produtivo, ou seja, numa fase em que a produção efetiva ainda não se iniciou, permitiu perceber que esta filosofia deve também ser tida em conta nesta fase e que é perfeitamente possível projetar um sistema, estudar o comportamento que este terá no futuro, analisar os desperdícios que neste se verificarão e, por fim, através da aplicação dos princípios e das ferramentas Lean, contribuir para um aumento da eficiência do sistema, mesmo antes do início da sua produção. Na verdade, verificou-se que este é um momento bastante interessante para recorrer à filosofia *Lean* e à simulação pois é possível antecipar cenários e resolver problemas que ainda não ocorreram mas que serão de grande importância num futuro próximo.

7.2. Trabalho Futuro

A melhoria contínua e o aumento da eficiência dos processos produtivos deve ser uma preocupação constante na empresa. Deste modo, a primeira sugestão prende-se exatamente com o facto de que o estudo realizado neste projeto de dissertação deve ser estendido a todos os produtos existentes, com vista a uma redução global do WIP e, conseqüentemente, a uma

melhoria significativa do funcionamento do sistema produtivo. Contudo, e se a utilização deste tipo de sistemas não for opção por parte da empresa, tornou-se claro que a utilização do *software* de simulação SIMIO poderá ser bastante útil para um dimensionamento de buffers mais condizente com a realidade. Assim, é sugestão do autor que a utilização de um *software* de simulação, não necessariamente o SIMIO, seja tido em consideração e possa ser, no futuro, utilizado regularmente pela empresa.

No que ao projeto em questão diz respeito, deverá ser feito um acompanhamento da implementação deste e, conseqüentemente, deverão ser realizados todos os ajustes necessários no sistema, por forma a fazer face aos desafios que apenas a “prática” coloca.

Adicionalmente, a implementação de sistemas deste tipo obriga a uma mudança de cultura e de mentalidade. Assim, deverá ser levada a cabo uma formação exaustiva dos colaboradores. Esta não se deverá cingir apenas ao funcionamento do sistema mas também deverá passar em revista os seus pressupostos e os benefícios que este trará. Apenas assim se poderá garantir uma aceitação total por parte dos colaboradores e a obtenção dos resultados pretendidos.

Finalmente, e no que concerne ao *standard work*, deverá continuar a ser executada uma revisão das instruções de trabalho de modo a garantir a sua consistência com a realidade e, por conseguinte, a contínua redução de defeitos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2006). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107, 223–236.
- Aguado, S., Alvarez, R., & Domingo, R. (2013). Model of efficient and sustainable improvements in a lean production system through processes of environmental innovation. *Journal of Cleaner Production*, 47, 141–148. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.048>
- Alves, A. C., Carvalho, J. D., & Sousa, R. M. (2012). Lean production as promoter of thinkers to achieve companies' agility. *The Learning Organization*, 19(3), 219–237.
- Amaro, A. P., & Pinto, J. P. (2007). Criação de valor e eliminação de desperdícios. *Comunidade Lean Thinking*.
- Apte, U., & Kang, K. (2006). Lean Six Sigma for Reduced Cycle Costs and Improved Readiness, 4238–4240.
- Banks, J. (1999). Introduction to Simulation. In *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference* (pp. 7–13).
- Canada, N. R. C. (2004). *Principles of Lean Thinking: Tools & Techniques for Advanced Manufacturing*. ITC.
- Carson, J. S. (1993). Modeling and Simulation Worldviews. In *Proceedings of the 1993 Winter Simulation Conference* (pp. 18–23).
- Carvalho, D. (2008). Human Limitations on Waste Detection: An Experiment. *First International Conference on Business Sustainability*, 5.
- Carvalho, J. D. (2000). Just In Time: Conceito de JIT e algumas técnicas associadas. *Escola de Engenharia Da Universidade Do Minho, Departamento de Produção e Sistemas*. Retrieved from <http://pessoais.dps.uminho.pt/jdac/apontamentos/JustInTime.pdf>
- Carvalho, J. D., Ferrete, L. F., Sousa, R. M., Medeiros, H. S., Magalhães, A. J., & Ferreira, J. P. (2015). Process Mapping Improvement: Extend Value Stream Maps with Waste Identification Diagrams. *FME Transactions*, 43, 287–294.
- Coimbra, E. A. (2009). *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. Kaizen Institute.
- De Villiers, F. (2008). *The illustrated lean agile and world class manufacturing cookbook*.
- Dias, L. M. S., Vieira, A. A. C., Pereira, G. A. B., & Oliveira, J. A. (2016). Discrete Simulation Software Ranking - A Top list of the Worldwide most Popular and Used Tools. In

Proceedings of the 2016 Winter Simulation Conference.

- Dombrowski, U., Ebentreich, D., & Krenkel, P. (2016). Impact Analyses of Lean Production Systems. *Procedia CIRP*, 57, 607–612. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.105>
- El-Namrouty, K. A., & Abushaaban, M. S. (2013). Seven wastes elimination targeted by lean manufacturing case study “gaza strip manufacturing firms.” *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences*, 1(2), 68–80. <https://doi.org/10.11648/j.ijefm.20130102.12>
- Feld, W. M. (2001). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques and How to Use Them*. The St.Lucie Press.
- Ferreira, R. G. (2015). *Melhoria do desempenho de uma secção de montagem final de uma empresa usando ferramentas Lean Production*. Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Produção e Sistemas, Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial. Retrieved from <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/39312>
- Fullerton, R. R., McWatters, C. S., & Fawson, C. (2003). An examination of the relationships between JIT and financial performance. *Journal of Operations Management*, 21(4), 383–404. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(03\)00002-0](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(03)00002-0)
- Grout, J. R., & Toussaint, J. S. (2010). Mistake-proofing healthcare: Why stopping processes may be a good start. *Business Horizons*, 53(2), 149–156. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2009.10.007>
- Henriques, M. F. N. (2016). *Simulação e melhoria de um sistema de gestão de elevadores*. Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Produção e Sistemas, Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial.
- Hicks, B. J. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, 27(4), 233–249. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2006.12.001>
- Hines, P., & Taylor, D. (2000). *Going Lean: A guide to implementation*. Lean Enterprise Research Centre.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25, 420–437. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.001>
- Jayaram, J., Das, A., & Nicolae, M. (2010). Looking beyond the obvious: Unraveling the Toyota production system. *International Journal of Production Economics*, 128(1), 280–291. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.07.024>
- Karen, M., & Osterling, M. (2007). *The Kaizen Event Planner: Achieving Rapid Improvement*

in Office, Service and Technical Environments. Productivity Press.

- Karlsson, C., & Åhlström, P. (1996). Assessing changes towards lean production. *International Journal of Operations & Production Management*, 16(2), 24–41.
<https://doi.org/10.1108/01443579610109820>
- Kracfik, J. F. (1988). Triumph of the Lean Production System. *MIT Sloan Management Review*, 30(1), 41–52.
- Law, A. M., & McComas, M. G. (1986). Pitfalls in the simulation of manufacturing systems. In *Proceedings of the 1986 Winter Simulation Conference* (pp. 539–542).
- Lian, Y.-H., & Landeghem, H. Van. (2002). An application of simulation and value stream mapping in lean manufacturing. In *Proceedings of the 14th European Simulation Symposium*.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- 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>
- Maia, L. C., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2014). Implementar o modelo de produção Lean na ITV para promover sistemas eco-eficientes. *Nova Têxtil*, 18–25.
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer to the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662–673.
<https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time* (3rd ed.). Engineering and Management Press.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*. New York: Productivity Press.
- Pegden, C. D. (2007). SIMIO: A new simulation system based on intelligent objects. In *Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference* (pp. 2292–2300). Retrieved from <http://simulation.su/uploads/files/default/2007-perden.pdf>
- Peixoto, P. M. O. (2017). *Melhoria de desempenho na área de inserção automática de SMDs, aplicando ferramentas Lean Production, numa empresa de componentes eletrónicos*. Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Produção e Sistemas, Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial. Retrieved from <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/46553>
- Picchi, F. A. (2003). Oportunidades para a aplicação do Lean Thinking na construção. *Ambiente*

Construído - Revista Da Antac, 3(1), 7–23.

- Pinto, J. P. (2008). *Lean Thinking: Introdução ao Pensamento Magro. Comunidade Lean Thinking*.
- Rahani, A., & Al-Ashraf, M. (2012). Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study. *Procedia Engineering*, 41, 1727–1734.
- Robinson, H. (1997). *Using Poka-Yoke Techniques for Early Defect Detection*. Retrieved from <http://faculty.washington.edu/apurva/502/Readings/Lean/pokasoft.pdf>
- Rodrigues, J. P. M. (2017). *Melhorias no processo de projeto de implantações usando princípios de Lean Thinking e software de simulação numa empresa de componentes eletrónicos da indústria automóvel*. Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Produção e Sistemas, Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial.
- Romano, E., Santillo, L. C., & Micco, R. di. (2008). Study and analysis of production dynamics with designed experimentation: sizing of a pull drum line supermarket. *International Journal of Mathematics and Computers in Simulation*, 2(4), 313–327. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/235223681>
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to add value and eliminate muda*. Brookline, Massachusetts: The Lean Enterprise Institute.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students*. Pearson Education.
- Shannon, R. E. (1998). Introduction to the Art and Science of Simulation. In *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference* (pp. 7–14). Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1.2881&rep=rep1&type=pdf>
- Silva, R. A. L. da. (2014). *Melhoria de processos produtivos numa empresa de produtos eletrónicos*. Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Produção e Sistemas, Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial. Retrieved from https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/33368/1/Dissertação_MEI_Ricardo_Silva_PG22653.pdf
- SIMIO, L. (2010). *Introduction to SIMIO*.
- Spearman, M. L., & Zazanis, M. A. (1992). Push and Pull Production Systems: Issues and Comparisons. *Operations Research*, 40(3), 521–532. <https://doi.org/10.1287/opre.40.3.521>

- 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>
- Suzuki, K. (1993). *The New Shop Floor Management: Empowering People for Continuous Improvement*. New York: The Free Press.
- Tyagi, S., Choudhary, A., Cai, X., & Yang, K. (2014). Value Stream Mapping to reduce the lead time of a product development process. *International Journal of Production Economics*, 160, 202–212.
- Veza, I., Gjeldum, N., & Celent, L. (2011). Lean Manufacturing Implementation Problems in Beverage Production Systems. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 2(1), 21–26.
- Vieira, A., Dias, L. S., Pereira, G. A. B., Oliveira, J. A., Carvalho, M. S., & Martins, P. (2015). Using SIMIO to automatically create 3D warehouses and compare different storage strategies. *FME Transactions*. Retrieved from http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/46324/1/Warehouses_Creator%40151110.pdf
- Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. London: McGraw-Hill.
- Wojakowski, P. (2013). Some aspects of visual management systems applied in modern industrial plant. *Technical Transactions*, 374–379.
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Seeing the whole: Mapping the extended value stream*. Brookline: The Lean Enterprise Institute.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148–1148. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600967>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. New York: Rawson Associates.
- Yamamoto, Y., & Bellgran, M. (2010). Fundamental mindset that drives improvements towards lean production. *Assembly Automation*, 30(2), 124–130. <https://doi.org/10.1108/01445151011029754>

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – LAYOUT DO MODELO DE SIMULAÇÃO

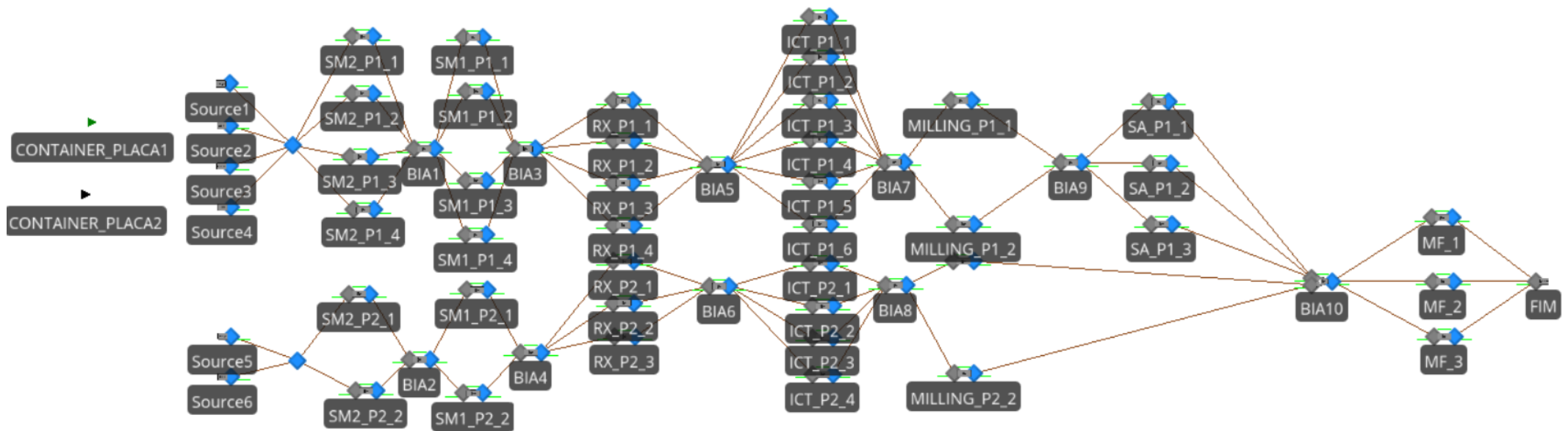


Figura 32 - Layout do modelo de simulação

APÊNDICE 2 – GRÁFICOS DE VALIDAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO

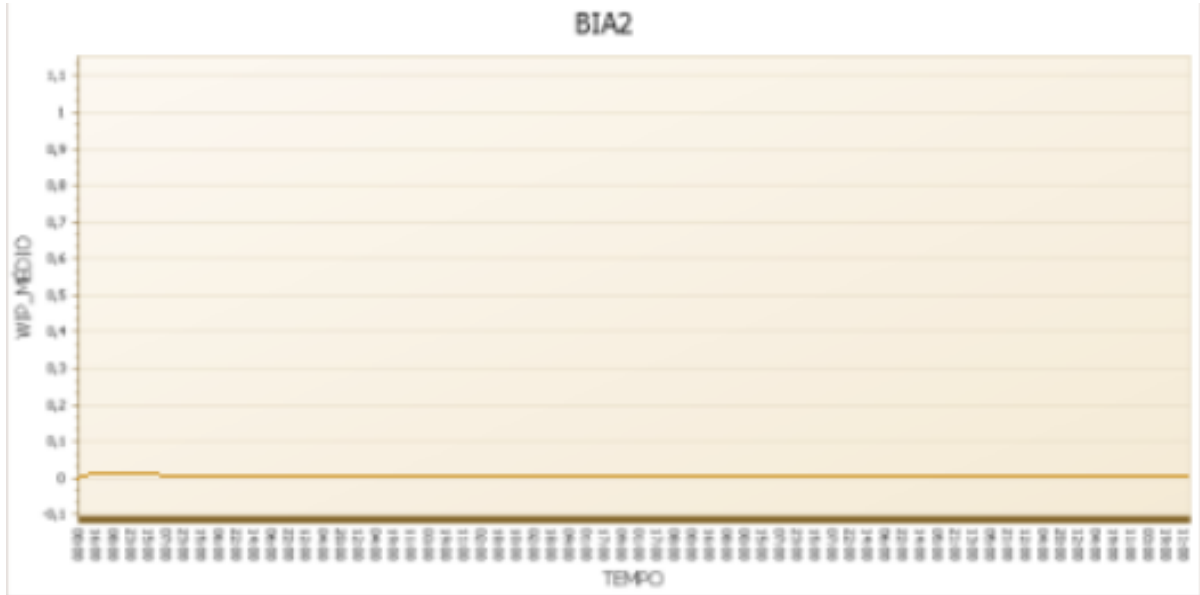


Figura 33 - Gráfico de Validação relativo ao Buffer 2

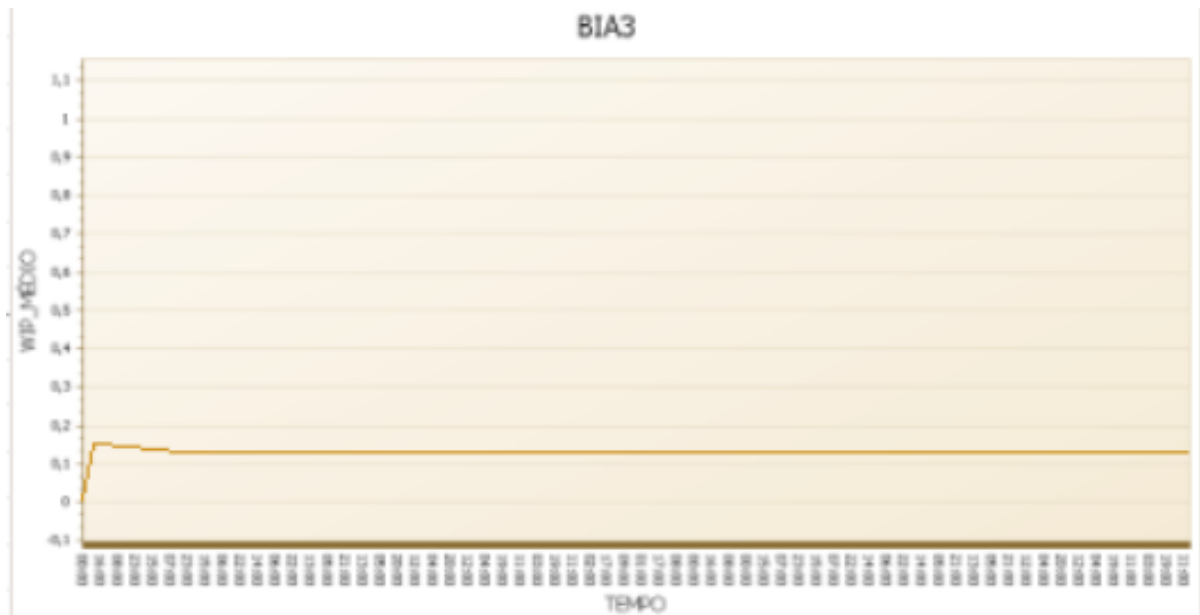


Figura 34 - Gráfico de Validação relativo ao Buffer 3

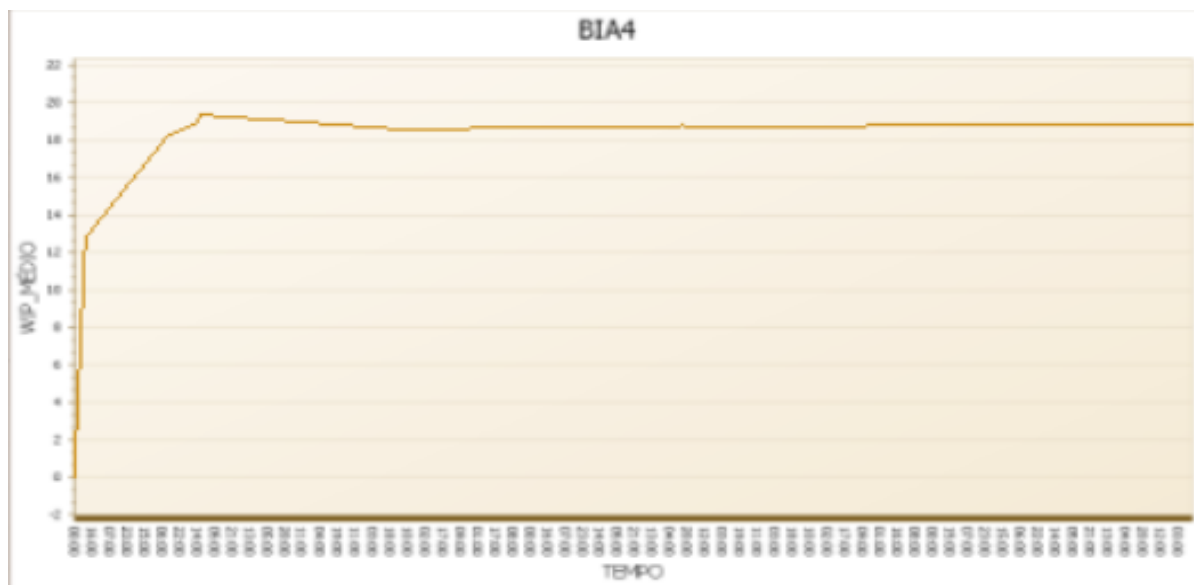


Figura 35 - Gráfico de Validação relativo ao Buffer 4

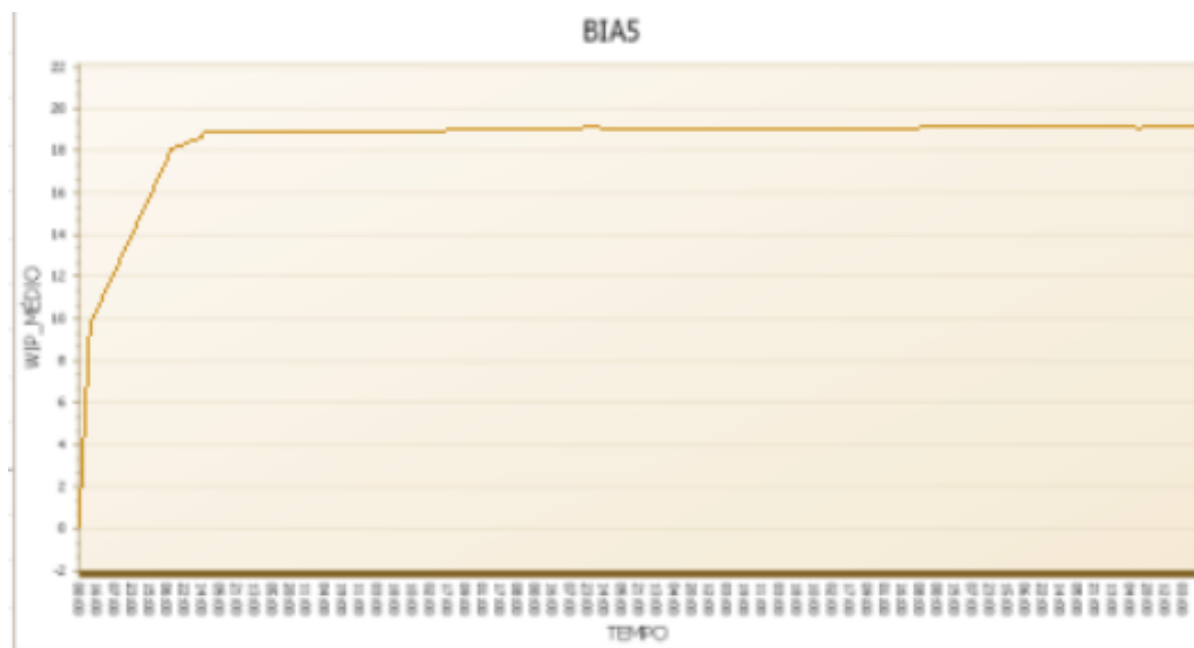


Figura 36 - Gráfico de Validação relativo ao Buffer 5

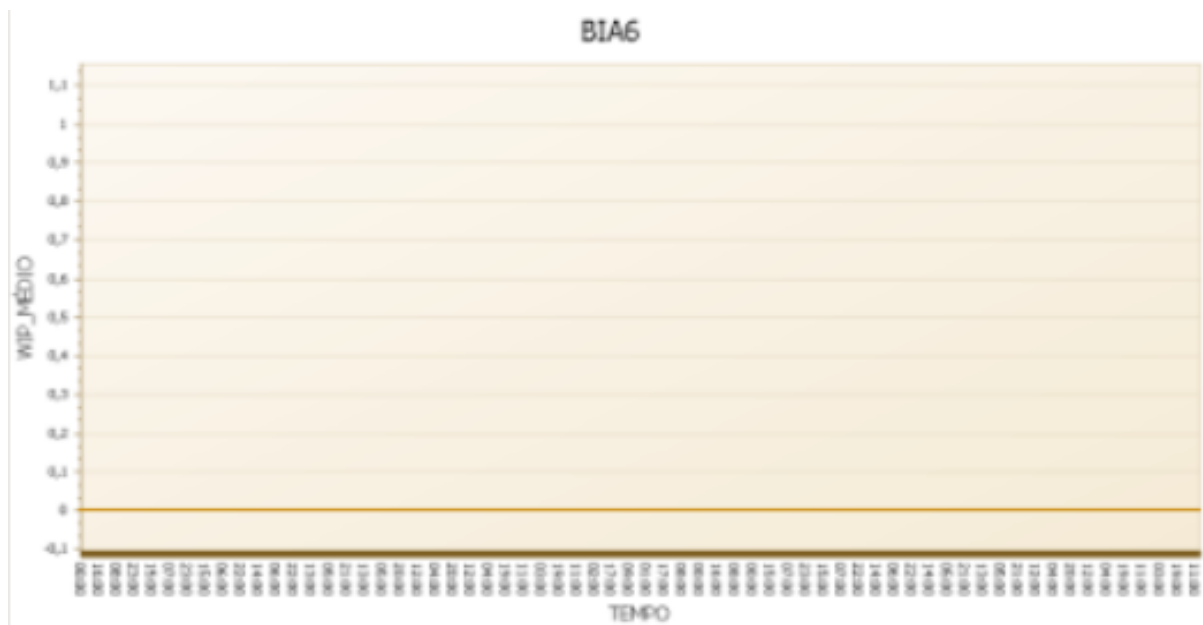


Figura 37 - Gráfico de Validação relativo ao Buffer 6

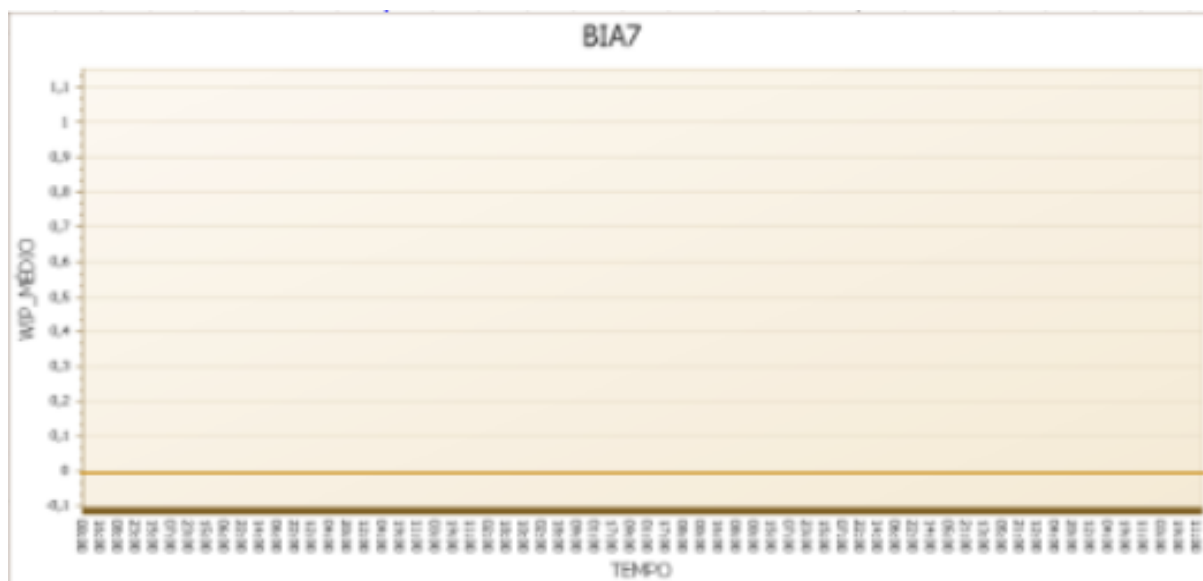


Figura 38 - Gráfico de Validação relativo ao Buffer 7

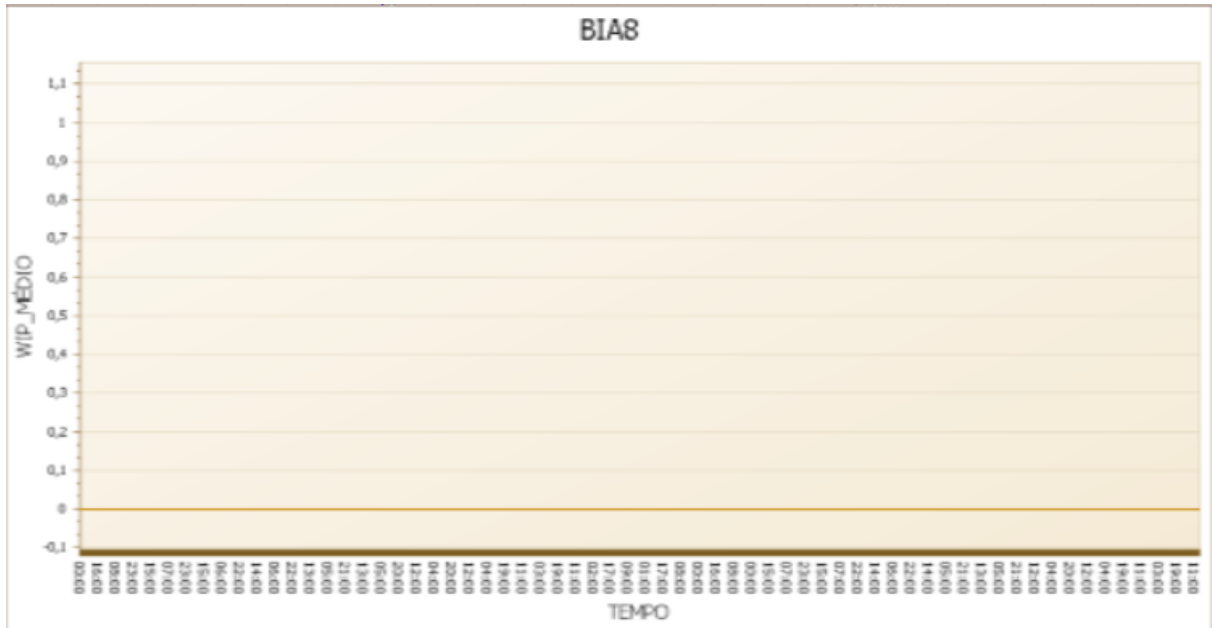


Figura 39 - Gráfico de Validação relativo ao Buffer 8

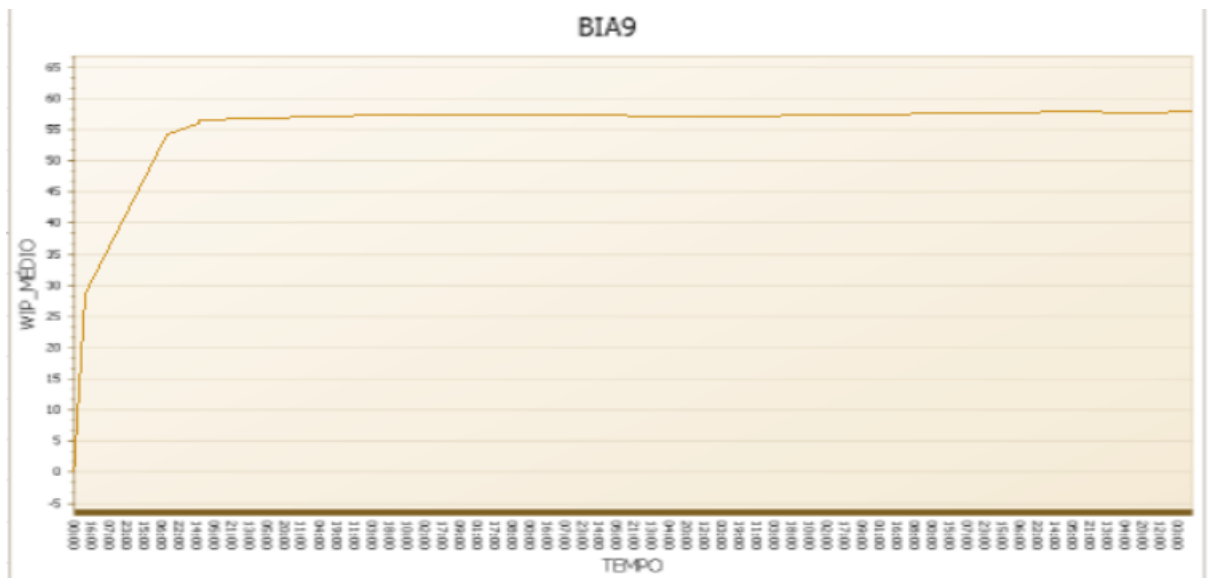


Figura 40 - Gráfico de Validação relativo ao Buffer 9

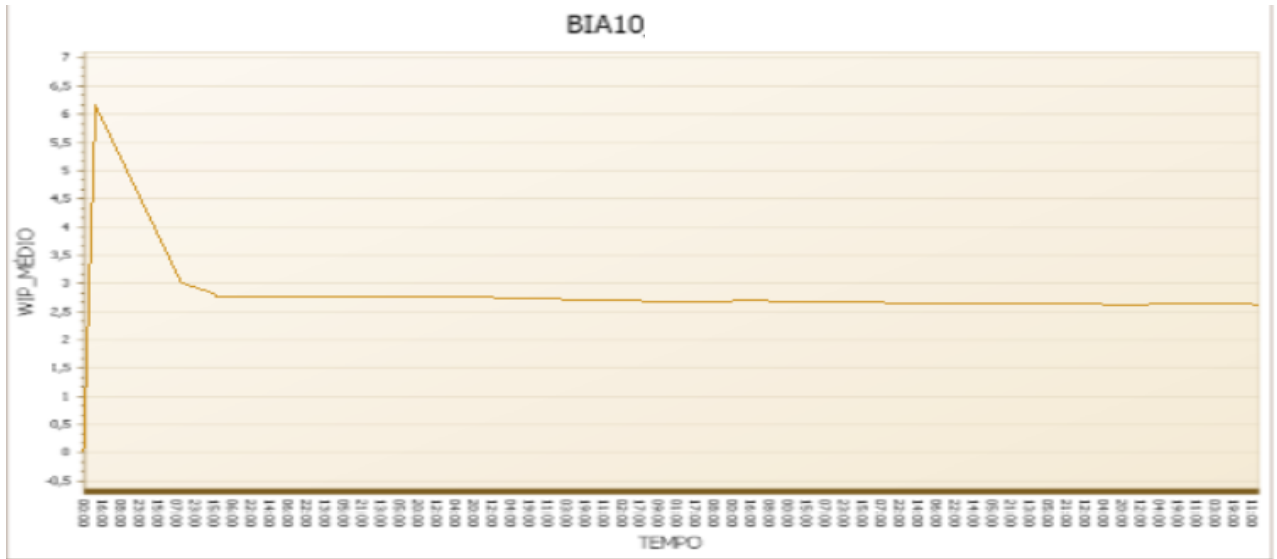


Figura 41 - Gráfico de Validação relativo ao Buffer 10 (placa 1)

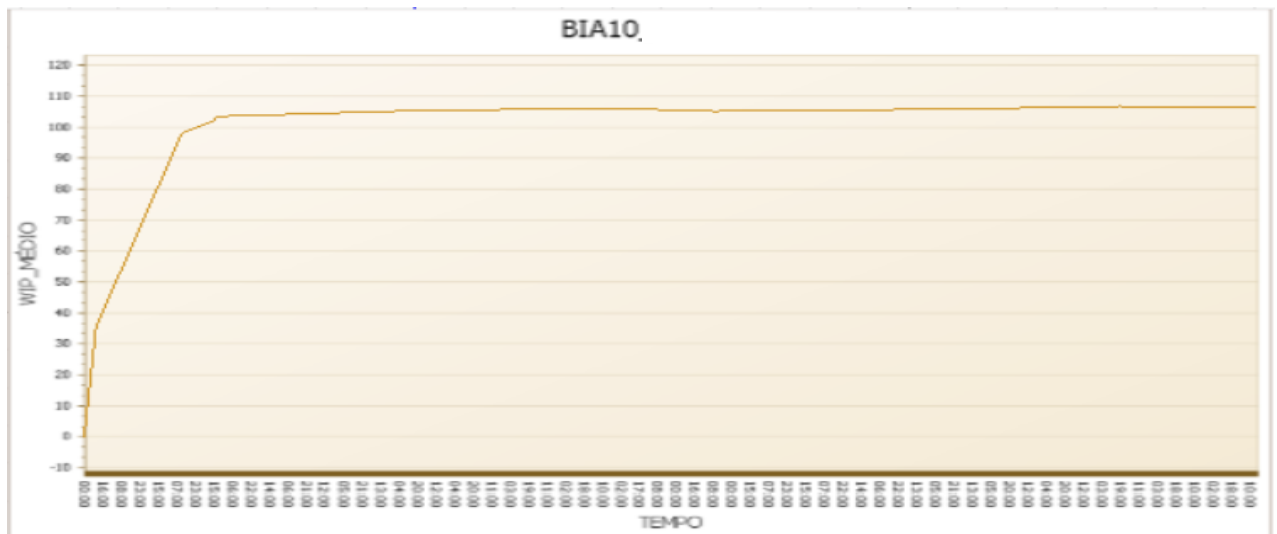


Figura 42 - Gráfico de Validação relativo ao Buffer 10 (placa 2)

APÊNDICE 3 – INSTRUÇÕES DE TRABALHO DO PRODUTO B

APTIV ELECTRONICS & SAFETY

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

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

Processo / Modelo: Produto B

Lugar: 2

Ref. Doc.:

Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

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

Seq. Oper. / Item	Max. Q.	Elemento			Element Time			
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Material	Manuseio	Mach. Time	Work Time
1		PEGAR NO CONJUNTO E COLOCA NO DISPOSITIVO, FOTO 1			4	2,4		
2		PEGAR NA PLACA DO SD CARD E DESTACA O KEYBOARD, FOTO 2			4	2,4		
3		COLOCAR A PLACA SD CARD + KEYBOARD NO CONJUNTO, FOTO 3			6	3,6		
4		RETIRAR PELICULA DA FITA ADESIVA E COLAR CABO NA PLACA SD CARD, FOTO 4			6	3,6		
5		RODAR DISPOSITIVO PARA A POSIÇÃO VERTICAL E APERTAR UM PARAFUSO, FOTO 5			7	4,2		
6		FECHAR DISPOSITIVO			2	1,2		
7		RODAR O DISPOSITIVO PARA POSIÇÃO INICIAL E APERTAR 2 PARAFUSOS, FOTO 6			12	7,2		
8		RETIRAR CONJUNTO DO DISPOSITIVO E PASSAR PARA O POSTO DO GAP FILLER, FOTO 6			4	2,4		
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
Total					45	27		

Realizado por: _____ Verificado por: _____ Aprovado por: _____

Data: 12/05/2016
Função: MtGE
Nome: Gonçalo Pereira




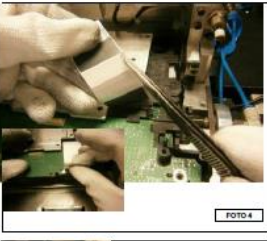

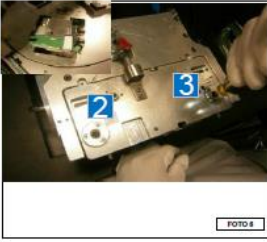


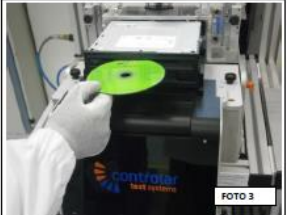

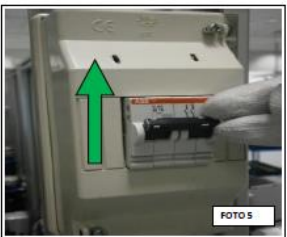
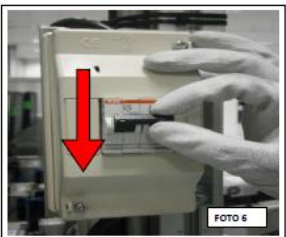







Figura 43 - Instrução de Trabalho do posto 2 da Montagem Final do produto B

Processo / Modelo: Produto B
 Lugar: Sistema de Teste
 Ref. Doc.:
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

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

Task ID	Elemento	Element Time		
		Station	Manual Work	Mach Time
1	PEGA APARELHO DA RAMPA DE SAÍDA DA MONTAGEM FINAL, FOTO 1	3	1,8	
2	COLOCA APARELHO NO SISTEMA DE TESTE, FOTO 2	6	3,6	
3	É EFETUADA A ROTINA DE TESTES			20
4	COLOCA CD NO APARELHO, FOTO 3	4	2,4	
5	COLOCA SD CARD NO APARELHO, FOTO 4	4	2,4	
6	É EFETUADA A ROTINA DE TESTES			450
7	CASO O TESTE CLASSIFIQUE O APARELHO DE "BOM", SEGUIR O PROCESSO, CASO CONTRÁRIO, ENVIAR APARELHO PARA ANÁLISE	3	1,8	
8				
9				
10	NO INÍCIO DO TURNO			
11	1 - COLOCAR DISJUNTOR NA POSIÇÃO "ON", FOTO 5			
12	2 - AGUARDAR QUE OS SISTEMAS DE TESTE INICIEM			
13				
14				
15	NO FINAL DO 2º TURNO			
16	1 - COLOCAR DISJUNTOR NA POSIÇÃO "OFF", FOTO 6			
17				
18				
19				
20				
21				
22				
Total		20	12	470

Realizado por: _____ Verificado por: _____ Aprovado por: _____
 Data: 04-12-2018
 Função: MTE
 Nome: Gonçalo Pereira

Figura 44 - Instrução de Trabalho do sistema de teste do produto B

APTIV ELECTRONICS & SAFETY

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

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

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

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

Seq. Oper. Sheet	Seq. Op.	Elemento			Elemento Time		
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Modo	Manual Work	Mach. Time
	1	PEGAR NO APARELHO - FOTO 1			3	1,8	
	2	EFETUA A LEITURA DO APARELHO - FOTO 2			3	1,8	
	3	COLOCA APARELHO NA CAIXA			2	1,2	
	4	APÓS A LEITURA DE 6 APARELHOS É GERADA AUTOMATICAMENTE UMA ETIQUETA- COLOCAR NA CAIXA FOTO 3			7	4,2	
	5	NO CASO DE CAIXA INCOMPLETA, COLA ETIQUETA NA CAIXA E COLOCA NO RACK DE INCOMPLETOS FOTO 4			7	4,2	
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	11						
	12						
	13						
	14						
	15						
	16						
	17						
	18						
	19						
	20						
Total					22	13,2	

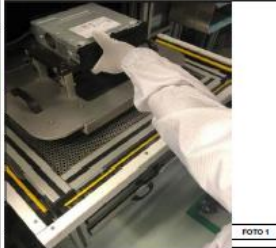


FOTO 1

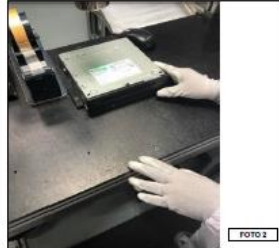


FOTO 2




FOTO 3




FOTO 4

INSERIR FOTO

FOTO 5

INSERIR FOTO



FOTO 6



Data: 12/05/2018	Realizado por: MJE	Verificado por:	Aprovado por:
Nome: Gonçalo Pereira			


Figura 45 - Instrução de trabalho do posto de embalagem do produto B

APÊNDICE 4 – INSTRUÇÕES DE TRABALHO DO PRODUTO C

APTIV ELECTRONICS & SAFETY		Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho			
Effective Date: / Data Efectiva: 06/12/2018		Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 18/02/2019		Page 1 de 3	
Processo / Modelo: <u>Produto C</u> Lugar: <u>1</u> Ref. Doc.: _____ Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>		Notas Importantes: SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE			
AS	Item ID	Elemento	Element Time		
		Mão Esquerda Ambas Mãos Mão Direita	Min	Seg	Min
	1	PEGA NA BRACKET E COLOCA NO DISPOSITIVO - FOTO 1 E FOTO 2	8	4,8	
	2	PEGAR NA PLACA SD, EFETUAR A LEITURA E MONTAR NO CONUNTO FOTO 3 E FOTO 4	7	4,2	
	3	FECHAR DISPOSITIVO	2	1,2	
	4	APARAFUSAR 2X - FOTO 5	10	6,0	
	5	PASSAR O CONJUNTO PARA O GAP FILLER	4	2,4	
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
	16				
	17				
	18				
	19				
	20				
	21				
	22				
	23				
Total			31	18,6	
Data:	Realizado por:	Verificado por:	Aprovado por:		
Função:	30-11-2018				
Nome:	IE				
	Gonçalo Pereira				



INSERIR FOTO

Figura 46 - Instrução de trabalho do posto 1 da montagem final do produto C

Processo / Modelo: Produto C

Lugar: 2

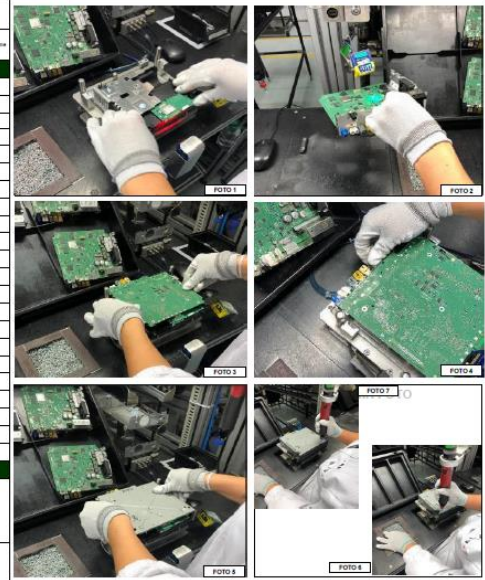
Ref. Doc.:

Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

Notas Importantes:

SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TEM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE

Seq. Item	Seq. O.	Element	Element Time			
			Min	Max	Min	Max
		Mão Esquerda				
		Mão Direita				
	1	PEGAR NO CONJUNTO E COLOCAR NO DISPOSITIVO - FOTO 1	7	4,2		
	2	PEGAR NA PLACA PRINCIPAL, EFETUAR LEITURA E COLOCAR NO DISPOSITIVO - FOTO 2 E FOTO 3	9	5,4		
	3	RETIRAR CONECTOR E EFETUAR TESTE DE VISÃO - FOTO 4	3	1,8		
	4	PEGAR NO CAIXILHO E MONTAR NO CONJUNTO - FOTO 5	4	2,4		
	5	APARAFUSAR 2X - FOTO 6 E FOTO 7	10	6,0		
	6	PASSAR PARA O POSTO SEGUINTE	2	1,2		
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					
	12					
	13					
	14					
	15					
	16					
	17					
	18					
	19					
	20					
	21					
	22					
	23					
	24					
Total			35	21		



Realizado por: _____ Verificado por: _____ Aprovado por: _____
 Data: 29-11-2018
 Função: IE
 Nome: Gonçalo Pereira

Figura 47-Instrução de trabalho do posto 2 da montagem final do produto C

APTIV ELECTRONICS & SAFETY

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva:		19/01/2016		Content Reviewed Date: / Data de Revisão:		30-11-2018		Page 1 de 3	
Processo / Modelo: <u>Produto C</u> Lugar: <u>3</u> Ref. Doc.: _____ Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>				Notas Importantes: SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE					
Seq. Oper. / Seq. Op.	Seq. ID	Element			Element Time				
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Minut	Minut Work	Minut Time	Minut Time	
	1	PEGA NO CONJUNTO E COLOCA NO DISPOSITIVO			4	2,4			
	2	PEGA NA BLENDA, EFETUA LEITURA E MONTA NO CONJUNTO FOTO 1 E FOTO 2			7	4,2			
	3	APERTA 3X PARAFUSOS NA TAMPÁ INFERIOR DO APARELHO, FOTOS 3 A 5			15	9,0			
	4	RODA E COLOCA CONJUNTO PARA O POSTO SEGUINTE			3	1,8			
	5								
	6								
	7								
	8								
	9								
	10								
	11								
	12								
	13								
	14								
	15								
	16								
	17								
	18								
	19								
	20								
	21								
				Total	29	17,4			

Date:	Realizado por:	Verificado por:	Aprovado por:
30-11-2018			
Função:			
Nome:	Gonzalo Pereira		

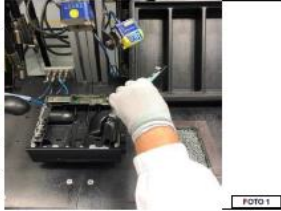


FOTO 1

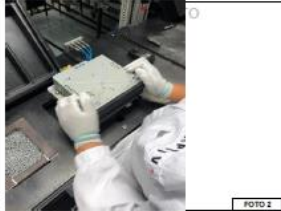


FOTO 2

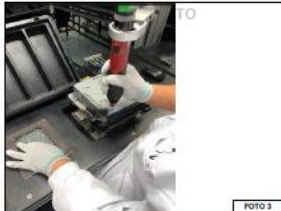


FOTO 3

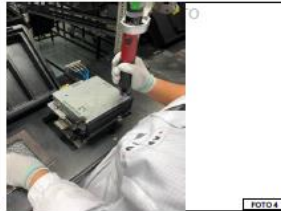


FOTO 4

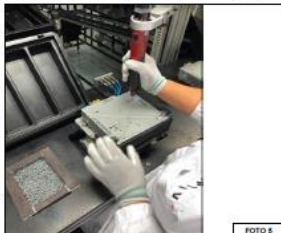


FOTO 5

INSERIR FOTO

Figura 48 - Instrução de trabalho do posto 3 da montagem final do produto C

APTIV ELECTRONICS & SAFETY

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efetiva: 19/01/2016 Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 23/11/2015 Page 1 de 3

Processo / Modelo: Produto C
 Lugar: 4
 Ref. Doc.: _____
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

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

Seq. Item	Seq. ID	Elemento	Element Time			
			Material	Manual Work	Machine Time	Hold Time
		Mão Esquerda				
		Ambas Mãos				
		Mão Direita				
	1	PEGAR NO CONJUNTO E COLOCAR NO DISPOSITIVO	4	2.4		
	2	PEGAR NA TAMPA E MONTAR NO CONJUNTO - FOTO 1	6	3.6		
	3	APARAFUSAR 1X - FOTO 2	5	3.0		
	4	RODAR APARELHO PARA A POSIÇÃO VERTICAL	2	1.2		
	5	APARAFUSAR 1X - FOTO 3	5	3.0		
	6	RODAR APARELHO PARA POSIÇÃO HORIZONTAL	2	1.2		
	7	APARAFUSAR 2X - FOTO 4 E FOTO 5	10	6.0		
	8	RODAR APARELHO PARA A POSIÇÃO INICIAL	2	1.2		
	9	PASSAR CONJUNTO PARA O POSTO SEGUINTE	2	1.2		
	10					
	11					
	12					
	13					
	14					
	15					
	16					
	17					
	18					
	19					
	20					
	21					
	22					
	23					
Total			38	22.8		

Data:	30-11-2018	Verificado por:	
Função:	Mrgi	Aprovado por:	
Nome:	Gonçalo Pereira		

Figura 49 - Instrução de trabalho do posto 4 da montagem final do produto C

Processo / Modelo: <u>Produto C</u> Lugar: <u>5</u> Ref. Doc.: Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>		Notas Importantes: SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE						
Job Item Sheet	Item ID	Elements			Element Time			
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Min	Manual Work	Mech Time	Walk Time
	1	PEGA NO CONJUNTO E COLOCA NO DISPOSITIVO			4	2,4		
	2	APERTA 4X PARAFUSOS - FOTO 1 A FOTO 4			20	12,0		
	3	COLOCA ETIQUETA NA TAMPA SUPERIOR - FOTO 5			3	1,8		
	4	COLOCA CONJUNTO PARA POSTO SEGUINTE			2	1,2		
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							
	13							
	14							
	15							
	16							
	17							
	18							
	19							
	20							
	21							
	22							
	23							
Total					29	17,4		

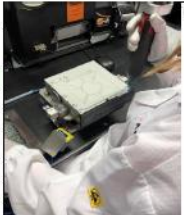


FOTO 1

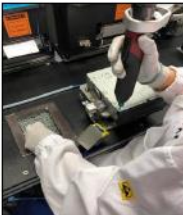


FOTO 2

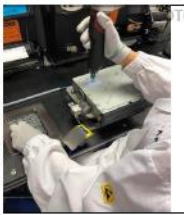


FOTO 3

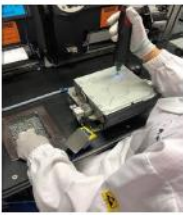


FOTO 4

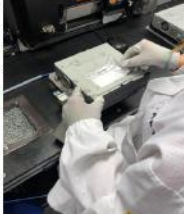


FOTO 5

INSERIR FOTO

Data:	Realizado por:	Verificado por:	Aprovado por:
30-11-2016	MJP/E		
Função:	Nome: Gonçalo Pereira		

Figura 50 - Instrução de trabalho do posto 5 da montagem final do produto C

5. PROCEDIMENTO

O desmantelamento do rádio deve ser feito da seguinte forma:



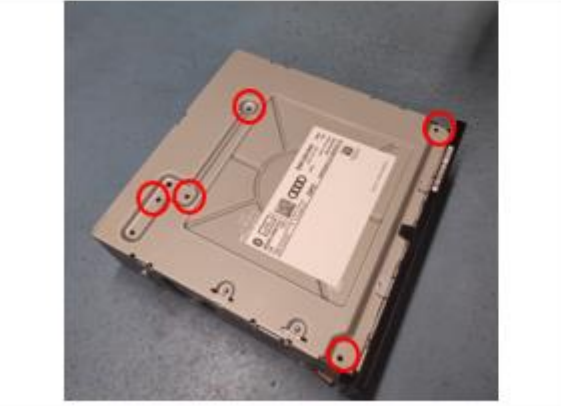
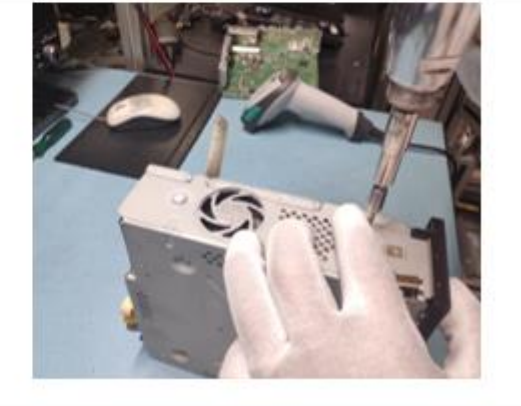
	
<p>Bancada de análise e reparação.</p>	<p>Colocar aparelho na bancada.</p>
	
<p>Desapertar 5 parafusos e colocar em caixa para refugo</p>	<p>Rodar aparelho para a posição vertical, desapertar 1 parafuso e colocar em caixa para refugo</p>

Figura 51 - Instrução de trabalho do posto de reparação do produto C (parte 1)







APTIV ELECTRONICS & SAFETY	
Análise e Retrabalho – Produto C	
Data Efetiva: 12-12-2018	Data de Revisão: 12-12-2018
Página 3 de 4	
	
Rodar o aparelho, desapertar 5 parafusos e colocar em caixa para refugo.	Retonar aparelho à posição inicial, retirar a tampa e colocar em caixa de material reutilizável
	
Rodar novamente aparelho, retirar caixilho e colocar em caixa de material reutilizável	Rodar o aparelho para a posição vertical, retirar blenda e colocar em caixa de material reutilizável
	
Separar placa principal do mecanismo e colocar ambos em caixa de material reutilizável	Analisar e devolver material reutilizável à linha. Todos os componentes desmontados de um determinado rádio devem ser armazenados na mesma caixa.

Figura 52 - Instrução de trabalho do posto de reparação do produto C (parte 2)

APTIV ELECTRONICS & SAFETY	
Análise e Retrabalho – Produto C	
Data Efetiva: 12-12-2018	Data de Revisão: 12-12-2018
Página 4 de 4	
	
Todo o material não reutilizável será direcionado para a área de refugo, onde deverão ser feitos todos os movimentos logísticos.	

Figura 53 - Instrução de trabalho do posto de reparação do produto C (parte 3)

APÊNDICE 5 – INSTRUÇÕES DE TRABALHO DO PRODUTO D

APTIV ELECTRONICS & SAFETY

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 19/01/2016 Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 23/11/2015 Page 1 de 3

Processo / Modelo: Produto D

Lugar: 1

Ref. Doc.: _____

Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

Mão Esquerda Mão Direita

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

Seq. Item	Item ID	Element	Element Time			
			Material	Work	Walk Time	Wait Time
1		PEGAR NO MECANISMO, RETIRAR DO SACO E COLOCAR NO DISPOSITIVO- FOTO 1	6	3,6		
2		COLOCAR CABO E EFETUAR TESTE DE VISÃO- FOTO 2 E FOTO 3	6	3,6		
3		PEGAR NO BRACKET E MONTAR NO MECANISMO- FOTO 4	5	3,0		
4		RODAR DISPOSITIVO PARA A POSIÇÃO VERTICAL - FOTO 5	2	1,2		
5		APARAFUSAR 2 VEZES- FOTO 6 E FOTO 7	10	6,0		
6		RODAR DISPOSITIVO PARA A POSIÇÃO INICIAL E RETIRAR PLÁSTICO DO CABO	5	3,0		
7		COLOCAR CONJUNTO NO POSTO DE TRABALHO SEGUINTE	2	1,2		
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
Total			36	21,6		

Realizado por:

Data: 29-11-2018

Função: MPE

Nome: Gonçalo Pereira

Figura 54 - Instrução de Trabalho do posto 1 da montagem final do produto D

Processo / Modelo: <u>Produto D</u> Lugar: <u>2</u> Ref. Doc.: _____ Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>		Notas Importantes: SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE					
Job Step	Seq. #	Element			Element Title		
		Metro	Mount Work	Mount Time	Work Time		
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita			
	1	PEGAR NO CONJUNTO E COLOCAR NO DISPOSITIVO, FOTO 1			4	2,4	
	2	PEGAR NA PLACA DO SD CARD, EFECTUAR LEITURA E MONTAR NO CONJUNTO, FOTO 2 E FOTO 3			7	4,2	
	3	DESTACAR KEYBOARD E MONTAR NO CONJUNTO, FOTO 4 E FOTO 5			3	1,8	
	4	COLOCAR CABO NA PLACA E FECHAR DISPOSITIVO, FOTO 6			5	3,0	
	5	RODAR DISPOSITIVO PARA A POSIÇÃO VERTICAL E APERTAR UM PARAFUSO, FOTO 7			6	3,6	
	6	RODAR O DISPOSITIVO PARA POSIÇÃO INICIAL E APERTAR 2 PARAFUSOS, FOTO 8			12	7,2	
	7	RETIRAR CONJUNTO DO DISPOSITIVO E PASSAR PARA O POSTO DO GAP FILLER			3	1,8	
	9						
	10						
	11						
	12						
	13						
	14						
	15						
	16						
	17						
	18						
	19						
	20						
Total					40	24	
Realizado por: Data: 23-11-2015 Função: MPE Nome: Gonçalo Pereira		Verificado por:		Aprovado por:			




FOTO 1

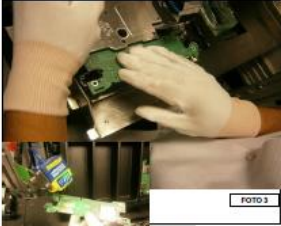


FOTO 2

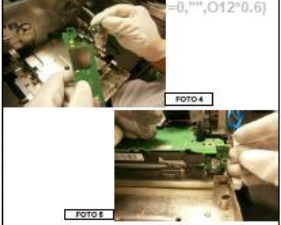


FOTO 3

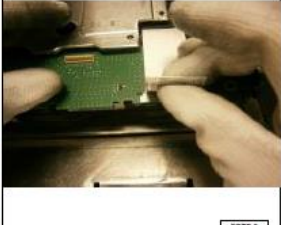


FOTO 4




FOTO 5

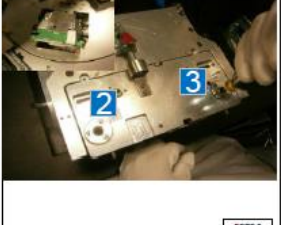


FOTO 6

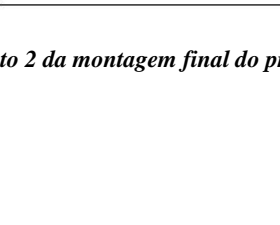


FOTO 7

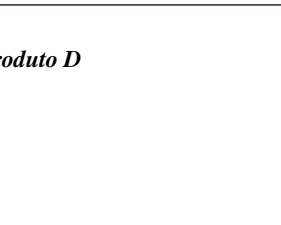


FOTO 8

Figura 55 - Instrução de trabalho do posto 2 da montagem final do produto D

APTIV ELECTRONICS & SAFETY

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 19/01/2016 Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 09/03/2018 Page 1 de 3

Processo / Modelo: Produto D



Lugar: P3


Ref. Doc.:



Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>



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

Seq. Oper. / Oper.	Item ID	Element			Element Time			
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Moto	Manual Work	Med. Time	Stack Time
1		PEGAR CONJUNTO DO GAP FILLER - FOTO 1			2	1,2		
2		COLOCAR CONJUNTO NO DISPOSITIVO - FOTO 2			2	1,2		
3		PEGAR NA PLACA PRINCIPAL E RETIRAR PROTEÇÃO DO MOST - FOTO 3			4	2,4		
4		LER PLACA PRINCIPAL E MONTAR NO CONJUNTO			5	3,0		
5		COLOCAR CALCADOR - FOTO 4			2	1,2		
6		COLOCAR FICHA E EFETUAR TESTE DE VISÃO- FOTO 5 E FOTO 6			5	3,0		
7		PEGAR NO CAIXILHO E EFECTUAR A MONTAGEM - FOTO 7			4	2,4		
8		APERTAR 2X PARAFUSOS - FOTO 8			10	6,0		
9		RETIRA CONJUNTO DO DISPOSITIVO E COLOCA PARA O POSTO SEGUINTE			2	1,2		
<div style="background-color: yellow; border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Dobrar o cabo da ventoinha para o interior do aparelho garantindo que o mesmo </div>								
Total					34	20,4		





Data: 29-11-2018

Realizado por: MtGE Verificado por: Aprovado por:

Nome: Gonçalo Pereira

Figura 56 - Instrução de trabalho do posto 3 da montagem final do produto D

Processo / Modelo: <u>Produto D</u> Lugar: <u>p4</u> Ref. Doc.: _____ Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>		Notas Importantes: SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE						
								
Job Step Number	Task ID	Elements			Element Time			
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Motion	Manual Work	Search Time	Work Time
1		PEGA NO CONJUNTO E COLOCA NO DISPOSITIVO - FOTO 1			4	2,4		
2		PEGA NA BLENDA, EFETUA LEITURA E MONTA NO APARELHO - FOTO 2			7	4,2		
3		APERTA 3X PARAFUSOS - FOTO 3			15	9,0		
4		RODA O APARELHO			3	1,8		
5		MONTA PARTE SUPERIOR			7	4,2		
6		PASSA O APARELHO PARA O POSTO SEGUINTE			2	1,2		
Total					38	22,8		
Realizado por: Data: 25-11-2016 Função: MGI Nome: Gonçalo Pereira		Verificado por: _____		Aprovado por: _____				

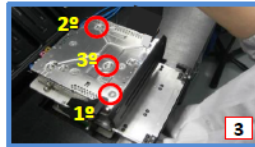


Figura 57 - Instrução de trabalho do posto 4 da montagem final do produto D

Processo / Modelo: Produto D		Element				Element Time			
Ordem	Seq	Element			Min	Max	Med	Std	Time
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita					
1		PEGA NO CONJUNTO E COLOCA NO DISPOSITIVO, FOTO 1			4				2,4
		APERTAR 3X PARAFUSO , FOTO 2			15				9,0
3		RODAR DISPOSITIVO E APERTAR 1X PARAFUSO, FOTO 3			7				4,2
4		RODAR O DISPOSITIVO E APERTAR 2X PARAFUSOS, FOTO 4			12				7,2
5		RETORNAR DISPOSITIVO À POSIÇÃO INICIAL, RETIRAR APARELHO E PASSAR PARA O POSTO SEGUINTE			5				3,0
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
Total					43				25,8

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




FOTO 1

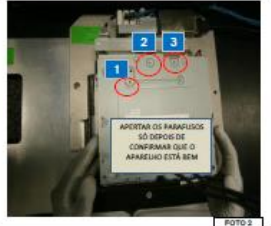


FOTO 2




FOTO 3




FOTO 4

INSERIR FOTO

INSERIR FOTO

INSERIR FOTO

Data:	Realizado por:	Verificado por:	Aprovado por:
26-11-2016			
Função:	Nome:		
Mtje	Gonçalo Pereira		

Figura 58 - Instrução de trabalho do posto 5 da montagem final do produto D

APTIV ELECTRONICS & SAFETY

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 13/01/2016

Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 23/11/2015

23/11/2015

Page 1 de 3

Processo / Modelo: Produto D
 Lugar: 6
 Ref. Doc.: _____
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

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

Job Step / Step	Pass ID	Elements	Element Time			
			Motion	Manual Work	Wait Time	Yield Time
		Mão Esquerda Ambas Mãos Mão Direita				
1		PEGA NO CONJUNTO E COLOCA NO DISPOSITIVO, FOTO 1	4	2,4		
2		APERTA 6X PARAFUSOS (P.N: 28259537), FOTOS 2 E 3	30	18,0		
3		COLOCA ETIQUETA NA TAMPA SUPERIOR, FOTO 4	4	2,4		
4		COLOCA CONJUNTO PARA POSTO SEGUINTE	2	1,2		
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
Total			40	24		




FOTO 1




FOTO 2

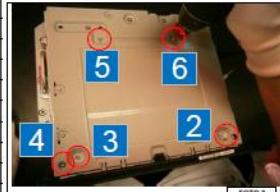


FOTO 3




FOTO 4

INSERIR FOTO

FOTO 5

INSERIR FOTO

FOTO 6

Realizado por: _____ Verificado por: _____ Aprovado por: _____
 Data: 23-11-2018
 Função: MTE
 Nome: Gonçalo Pereira

Figura 59 - Instrução de trabalho do posto 6 da montagem final do produto D

Processo / Modelo: <u>Produto D</u> Lugar: <u>Sistema de Teste</u> Ref. Doc.: Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>		Notas Importantes: SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE						
Seq. Oper.	Passo (1)	Elemento			Element Time			
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Medida	Manual	Mach Time	Work Time
1		PEGA APARELHO DA RAMPA DE SAÍDA DA MONTAGEM FINAL, FOTO 1			3	1,8		
2		COLOCA APARELHO NO SISTEMA DE TESTE, FOTO 2			6	3,6		
3		É EFETUADA A ROTINA DE TESTES						20
4		COLOCA CD NO APARELHO, FOTO 3			4	2,4		
5		COLOCA OS SD CARDS NO APARELHO, FOTO 4			6	3,6		
6		É EFECTUADA A ROTINA DE TESTES						450
7		CASO O TESTE CLASSIFIQUE O APARELHO DE "BOM", SEGUIR O PROCESSO, CASO CONTRÁRIO, ENVIAR APARELHO PARA ANÁLISE			3	1,8		
8								
9		NO INICIO DO TURNO 1 - COLOCAR DISJUNTOR NA POSIÇÃO "ON", FOTO 5 2- AGUARDAR QUE OS SISTEMAS DE TESTE INICIEM						
10								
11								
12								
13								
14		NO FINAL DO 2º TURNO 1 - COLOCAR DISJUNTOR NA POSIÇÃO "OFF", FOTO 5						
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
Total					22	13,2		470

FOTO 1

FOTO 2

FOTO 3

FOTO 4

FOTO 5

INSERIR FOTO

Realizado por: Data: 09-12-2018 Função: MTE Nome: Gonçalo Pereira	Verificado por:	Aprovado por:
--	-----------------	---------------

Figura 60 - Instrução de trabalho do sistema de teste do produto D

APÊNDICE 6 – INSTRUÇÕES DE TRABALHO DO PRODUTO F








APTIV ELECTRONICS & SAFETY		Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho				
Effective Date: / Data Efetiva: 19/01/2016		Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 23/11/2015		Page 1 de 3		
Processo / Modelo: <u>Produto F</u> Lugar: <u>1</u> Ref. Doc.: _____ Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>					Notas Importantes: SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE	
						
Seq. Item	Seq. O	Elemento	Element Time			
			Medida	Normal Work	Work Time	
		Mão Esquerda Mão Direita				
	1	PEGA NA BRACKET E COLOCA NO DISPOSITIVO - FOTO 1 E FOTO 2	8	4,8		
	2	PEGAR NA PLACA SD, EFETUAR A LEITURA E MONTAR NO CONUNTO FOTO 3 E FOTO 4	7	4,2		
	3	FECHAR DISPOSITIVO	2	1,2		
	4	APARAFUSAR 2X - FOTO 5	10	6,0		
	5	PASSAR O CONJUNTO PARA O GAP FILLER	4	2,4		
	9					
	10					
	11					
	12					
	13					
	14					
	15					
	16					
	17					
	18					
	19					
	20					
	21					
	22					
	23					
Total			31	18,8		
Realizado por:		Verificado por:	Aprovado por:			
Data: 19/01/2016						
Função: Técnico						
Nome: Gonçalo Pereira						
						
						
						INSERIR FOTO
						

Figura 61 - Instrução de trabalho do posto 1 da montagem final do produto F

APTIV ELECTRONICS & SAFETY

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date / Data Efectiva: 19/01/2016 Content Reviewed Date / Data de Revisão: 23/11/2015 Page 1 de 3

Processo / Modelo: Produto F
 Lugar: 2
 Ref. Doc.: _____
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

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

Seq. Op.	Elemto	Element Time		
		Setup	Process Work	Hold Time
1	PEGAR NO CONJUNTO, EFETUAR LEITURA E COLOCAR NO DISPOSITIVO - FOTO 1	7	4.2	
2	PEGAR NA PLACA PRINCIPAL, EFETUAR LEITURA E COLOCAR NO DISPOSITIVO - FOTO 2 E FOTO 3	9	5.4	
3	EFETUAR TESTE DE VISÃO - FOTO 4	3	1.8	
4	PEGAR NO CAIXILHO E MONTAR NO CONJUNTO - FOTO 5	4	2.4	
5	APARAFUSAR 2X - FOTO 6	10	6.0	
6	PASSAR PARA O POSTO SEGUINTE	2	1.2	
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
Total		35	21	

Realizado por: _____ Verificado por: _____ Aprovado por: _____

Data: _____

Função: _____

Nome: Gonçalo Pereira




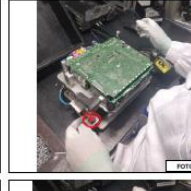

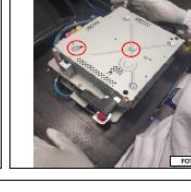








Figura 62 - Instrução de trabalho do posto 2 da montagem final do produto F

APTIV ELECTRONICS & SAFETY

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

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

Processo / Modelo: <u>Produto F</u>		Notas Importantes: SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE						
Lugar: <u>3</u>								
Ref. Doc.: _____								
Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>								
								
Seq. Oper. / Seq. Op.	Seq. O.	Elemento			Element Time			
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Índice	Manual Work	Mach Time	Waste Time
	1	PEGA NO CONJUNTO E COLOCA NO DISPOSITIVO			4	2,4		
	2	PEGA NA BLENDA E MONTA NO CONJUNTO FOTO 1			5	3,0		
	3	APARAFUSA 3X FOTO2			15	9,0		
	4	RODA DISPOSITIVO 180 GRAUS			2	1,2		
	5	PEGA NA TAMPA E MONTA NO APARELHO FOTO 3			5	3,0		
	6	PASSA APARELHO PARA O POSTO SEGUINTE			2	1,2		
	7							
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							
	13							
	14							
	15							
	16							
	17							
	18							
	19							
	20							
	21							
Total					33	19,8		

Realizado por:	Verificado por:	Aprovado por:
Data: _____		
Função: MjE		
Nome: Gonçalo Pereira		




FOTO 1

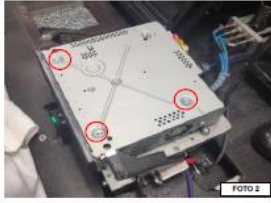


FOTO 2




FOTO 3

INSERIR FOTO

FOTO 4

INSERIR FOTO

FOTO 5

INSERIR FOTO

FOTO 6

Figura 63 - Instrução de trabalho do posto 3 da montagem final do produto F

APTIV ELECTRONICS & SAFETY

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

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

Processo / Modelo: Produto F
 Lugar: 4
 Ref. Doc.: _____
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

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

Seq. Item	Seq. O	Element	Element Time			
			Min	Sec	Min	Sec
		Mão Esquerda Ambas Mãos Mão Direita				
1		PEGA NO CONJUNTO E COLOCA NO DISPOSITIVO	4	2,4		
2		APARAFUSAR 3X FOTO 1	15	9,0		
3		RODAR DISPOSITIVO PARA A POSIÇÃO VERTICAL	2	1,2		
4		APARAFUSAR 1X FOTO 2	5	3,0		
5		RODAR DISPOSITIVO	1	0,6		
6		APARAFUSAR 2X FOTO 3 E FOTO 4	10	6,0		
7		RODAR DISPOSITIVO PARA A POSIÇÃO INICIAL	2	1,2		
8		PASSAR APARELHO PARA O POSTO SEGUINTE	2	1,2		
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
Total			41	24,6		

Data: _____	Realizado por: _____	Verificado por: _____	Aprovado por: _____
Função: MPE	Nome: Gonçalo Pereira		



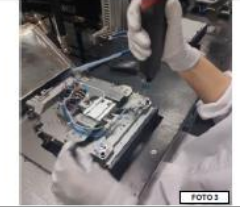

 <p>FOTO 1</p>	 <p>FOTO 2</p>
 <p>FOTO 3</p>	 <p>FOTO 4</p>
<p>INSERIR FOTO</p> <p>FOTO 5</p>	<p>INSERIR FOTO</p> <p>FOTO 6</p>

Figura 64 - Instrução de trabalho do posto 4 da montagem final do produto F

APTIV ELECTRONICS & SAFETY

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva:

13/01/2016

Content Reviewed Date: / Data de Revisão:

23/11/2015

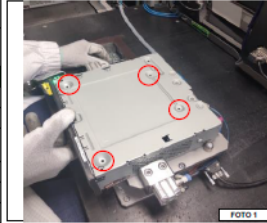
Page 1 de 3

Processo / Modelo: Produto F
 Lugar: 5
 Ref. Doc.: _____
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>



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

Seq. Oper. Sheet	Seq. OI	Elemento			Element Time			
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Metros	Minutos	Segundos	Tempo Total
1		PEGA NO CONJUNTO E COLOCA NO DISPOSITIVO			4	2,4		
2		APERTA 4X PARAFUSOS - FOTO 1			15	9,0		
3		COLOCA ETIQUETA NA TAMPA SUPERIOR - FOTO 2			3	1,8		
4		COLOCA CONJUNTO PARA POSTO SEGUINTE			2	1,2		
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
Total					24	14,4		



Realizado por: _____
 Verificado por: _____
 Aprovado por: _____
 Data: _____
 Função: MfgE
 Nome: Gonçalo Pereira

Figura 65 - Instrução de trabalho do posto 5 da montagem final do produto F








Processo / Modelo: <u>Produto F</u>		Notas Importantes: SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE		
Lugar: <u>PACKING</u>				
Ref. Doc.: _____				
Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>				
				
Job Step	Task ID	Elemento	Element Time	
		Mão Esquerda Ambas Mãos Mão Direita	Modo	Manual Work
			Work Time	Work Time
	1	PEGAR NO APARELHO	2	1,2
	2	EFETUAR A LEITURA DO APARELHO - FOTO 1	3	1,8
	3	COLOCAR O APARELHO NO SUPORTE - FOTO 2	3	1,8
	4	COLOCAR SACO PLÁSTICO NO APARELHO - FOTO 3	5	3,0
	5	COLOCAR O APARELHO NA CAIXA - FOTO 4	3	1,8
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
	14			
	15			
	16			
	17			
	18			
	19			
	20			
	21			
	22			
	23			
Total			16	9,6
Realizado por:		Verificado por:	Aprovado por:	
Data: 07-05-2019				
Função: MPE				
Nome: Gonçalo Pereira				
			INserir FOTO 	
			INserir FOTO 	
			INserir FOTO 	
			INserir FOTO 	
			INserir FOTO 	
			INserir FOTO 	

Figura 66 - Instrução de trabalho do posto de embalagem do produto F


APTIV ELECTRONICS & SAFETY

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 26/02/2019 Content Reviewed Date: / Data de Revisão: 26/02/2019 Page 1 de 3

Processo / Modelo: Produto F
 Lugar: Sistema de Teste
 Ref. Doc.:
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

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



Job Step	Task ID	Elemento			Element Time			
		Mão Esquerda	Ambas Mãos	Mão Direita	Setup	Meq. Work	Work Time	Wkly Time
1		PEGA APARELHO DO CONVEYOR DE SAÍDA DA MONTAGEM FINAL. FOTO 1			3	1,8		
2		COLOCA APARELHO NO SISTEMA DE TESTE. FOTO 2			6	3,6		
3		COLOCA SD CARD NO APARELHO. FOTO 3			4	2,4		
4		É EFETUADA A ROTINA DE TESTES					410	
5		CASO O TESTE CLASSIFIQUE O APARELHO DE "BOM", SEGUIR O PROCESSO; CASO CONTRÁRIO, ENVIAR APARELHO PARA ANÁLISE			3	1,8		
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
Total					16	9,6	410	




FOTO 1

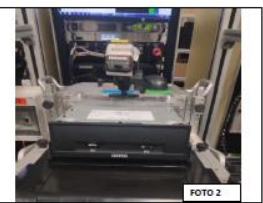


FOTO 2




FOTO 3

INSERIR FOTO

INSERIR FOTO

INSERIR FOTO

Data:	Realizado por:	Verificado por:	Aprovado por:
07-05-2019	MPE		
Nome:	Gonçalo Pereira		

Figura 67 - Instrução de trabalho do sistema de teste do produto F

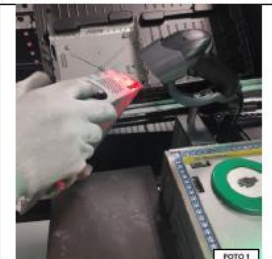

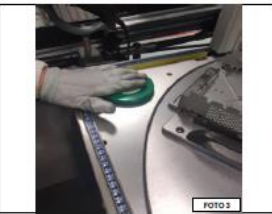

Processo / Modelo: <u>Produto F</u> Lugar: <u>Gap-Filler</u> Ref. Doc.: _____ Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>		Notas importantes: SEMPRE QUE PARAR PARA IR ÀS PAUSAS TÊM QUE ACABAR O TRABALHO E COLOCAR PARA O POSTO SEGUINTE																																																																																																																																																																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Seq. Oper</th> <th rowspan="2">Task ID</th> <th colspan="3">Elements</th> <th colspan="4">Element Time</th> </tr> <tr> <th>Mão Esquerda</th> <th>Amboas Mãos</th> <th>Mão Direita</th> <th>Mobit</th> <th>Manual Work</th> <th>Walk Time</th> <th>Stack Time</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td colspan="3">PEGAR NO CAIXILHO E EFETUAR LEITURA - FOTO1</td> <td>4</td> <td>2,4</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td colspan="3">COLOCAR CAIXILHO NO SUPORTE - FOTO 2</td> <td>3</td> <td>1,8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td colspan="3">PRESSIONAR O BOTÃO - FOTO 3</td> <td>2</td> <td>1,2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td colspan="3">É EFETUADO O PROCESSO DE GAP FILLER</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td colspan="3">RETIRAR O CAIXILHO E COLOCÁ-LO NO SUPORTE - FOTO 4</td> <td>5</td> <td>3,0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td></td> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td></td> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>11</td> <td></td> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td></td> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>13</td> <td></td> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>14</td> <td></td> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>15</td> <td></td> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>16</td> <td></td> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>17</td> <td></td> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>18</td> <td></td> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>19</td> <td></td> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>20</td> <td></td> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>21</td> <td></td> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>22</td> <td></td> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>23</td> <td></td> <td colspan="3"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;">Total</td> <td>14</td> <td>8,4</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Seq. Oper	Task ID	Elements			Element Time				Mão Esquerda	Amboas Mãos	Mão Direita	Mobit	Manual Work	Walk Time	Stack Time	1		PEGAR NO CAIXILHO E EFETUAR LEITURA - FOTO1			4	2,4			2		COLOCAR CAIXILHO NO SUPORTE - FOTO 2			3	1,8			3		PRESSIONAR O BOTÃO - FOTO 3			2	1,2			4		É EFETUADO O PROCESSO DE GAP FILLER							5		RETIRAR O CAIXILHO E COLOCÁ-LO NO SUPORTE - FOTO 4			5	3,0			6									7									8									9									10									11									12									13									14									15									16									17									18									19									20									21									22									23									Total					14	8,4			    <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 100px; text-align: center; vertical-align: middle;">INSERIR FOTO</div> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 100px; text-align: center; vertical-align: middle;">INSERIR FOTO</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 30px; text-align: center;">FOTO 5</div> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 30px; text-align: center;">FOTO 6</div> </div>
Seq. Oper			Task ID	Elements			Element Time																																																																																																																																																																																																																																		
	Mão Esquerda	Amboas Mãos		Mão Direita	Mobit	Manual Work	Walk Time	Stack Time																																																																																																																																																																																																																																	
1		PEGAR NO CAIXILHO E EFETUAR LEITURA - FOTO1			4	2,4																																																																																																																																																																																																																																			
2		COLOCAR CAIXILHO NO SUPORTE - FOTO 2			3	1,8																																																																																																																																																																																																																																			
3		PRESSIONAR O BOTÃO - FOTO 3			2	1,2																																																																																																																																																																																																																																			
4		É EFETUADO O PROCESSO DE GAP FILLER																																																																																																																																																																																																																																							
5		RETIRAR O CAIXILHO E COLOCÁ-LO NO SUPORTE - FOTO 4			5	3,0																																																																																																																																																																																																																																			
6																																																																																																																																																																																																																																									
7																																																																																																																																																																																																																																									
8																																																																																																																																																																																																																																									
9																																																																																																																																																																																																																																									
10																																																																																																																																																																																																																																									
11																																																																																																																																																																																																																																									
12																																																																																																																																																																																																																																									
13																																																																																																																																																																																																																																									
14																																																																																																																																																																																																																																									
15																																																																																																																																																																																																																																									
16																																																																																																																																																																																																																																									
17																																																																																																																																																																																																																																									
18																																																																																																																																																																																																																																									
19																																																																																																																																																																																																																																									
20																																																																																																																																																																																																																																									
21																																																																																																																																																																																																																																									
22																																																																																																																																																																																																																																									
23																																																																																																																																																																																																																																									
Total					14	8,4																																																																																																																																																																																																																																			
Realizado por: _____ Verificado por: _____ Aprovado por: _____																																																																																																																																																																																																																																									
Data: 07-05-2015 Função: MTE Nome: Gonçalo Pereira																																																																																																																																																																																																																																									

Figura 68 - Instrução de trabalho do posto de Gap-Filler do produto F

APTIV ELECTRONICS & SAFETY

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva: 07/05/2019 Content Reviewed Date: / Data de Revisão: Page 1 de 3

Processo / Modelo: Produto F
 Lugar: CMI
 Ref. Doc.:
 Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

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

Job Step	Seq ID	Elements	Element Time		
			Min	Max	Week
		Mão Esquerda Ambas Mãos Mão Direita			
	1	PEGAR NO APARELHO	10	6,0	
	2	COLOCAR PROTEÇÃO "MOST", FOTO 1	3	1,8	
	3	COLOCAR APARELHO NA MÁQUINA, FOTO2			
	4	CASO APARELHO SEJA CONSIDERADO "BOM" COLOCA PARA POSTO SEGUINTE			
	5	CASO APARELHO SEJA CONSIDERADO "MAU" EFECTUA VERIFICAÇÃO (VER NOTA)			
	7	COLOCA APARELHO PARA O POSTO SEGUINTE	3	1,8	
	8				
	9				
	10				
	11	NOTA: CASO O SISTEMA AVI DÊ O APARELHO COMO "MAU", A OPERADORA DEVE VERIFICAR O MESMO E CASO ESTE NÃO SE CONFIRME DÁ O MESMO COMO "BOM" NA TECLA VERDE DO ECRÃ TACTIL DO SISTEMA AVI.			
	12				
	13				
	14	CASO O APARELHO SEJA EFECTIVAMENTE "MAU" A OPERADORA MARCA O MESMO NA TECLA X DO ECRÃ TACTIL, COLOCANDO O MESMO PARA A REPARAÇÃO.			
	15				
	16				
	17				
	18				
	19				
	20				
	21				
	22				
	23				
	24				
		Total	16	9,6	




FOTO 1




FOTO 2




FOTO 3




FOTO 4

INSERIR FOTO

INSERIR FOTO

FOTO 5

FOTO 6

Data:	Realizado por:	Verificado por:	Aprovado por:
Função:	07/05/2019		
Nome:	Miguel Gonçalves Pereira		

Figura 69 - Instrução de trabalho do posto de CMI do produto F

5. PROCEDIMENTO

O desmantelamento do rádio deve ser feito da seguinte forma:





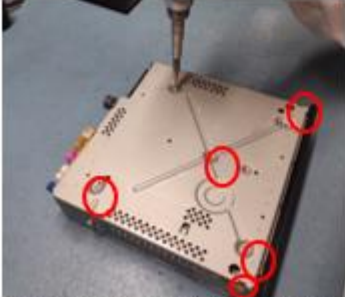

	
<p>Bancada de análise e reparação.</p>	<p>Colocar aparelho na bancada.</p>
	
<p>Desparafusar 4 parafusos e colocar em caixa para refugo</p>	<p>Rodar aparelho,desapertar 1 parafuso e colocar em caixa para refugo</p>
	
<p>Rodar novamente o aparelho, desapertar 5 parafusos e colocar em caixa para refugo</p>	<p>Retornar aparelho à posição inicial, retirar a tampa e colocar em caixa de material reutilizável</p>

Figura 70 - Instrução de Trabalho do posto de reparação do Produto F (parte 1)






APTIV ELECTRONICS & SAFETY	
Análise e Retrabalho – Produto F	
Data Efetiva:	12-12-2018
Data de Revisão:	12-12-2018
Página 3 de 4	
	
Virar aparelho ao contrário, retirar o caixilho e colocar em caixa de material reutilizável	Retirar blenda e colocar em caixa de material reutilizável
	
Separar placa principal do mecanismo e colocar ambos em caixa de material reutilizável	Analisar e devolver material reutilizável à linha. Todos os componentes desmontados de um determinado rádio devem ser armazenados na mesma caixa.
	
Todo o material não reutilizável será direcionado para a área de refugo, onde deverão ser feitos todos os movimentos logísticos.	

Figura 71 - Figura 67 - Instrução de Trabalho do posto de reparação do Produto F (parte 2)

APÊNDICE 7 – INSTRUÇÕES DE TRABALHO DO PRODUTO G

APTIV ELECTRONICS & SAFETY

Análise e Retrabalho – Produto G

Data Efetiva: 12-12-2018

Data de Revisão: 12-12-2018

Página 2 de 4

5. PROCEDIMENTO

O desmantelamento do rádio deve ser feito da seguinte forma:







	
Bancada de análise e reparação.	Colocar aparelho na bancada.
	
	
Rodar aparelho para a posição vertical, desapertar 2 parafusos e colocar em caixa para refugo	Rodar aparelho, desapertar 2 parafusos e colocar em caixa para refugo

Figura 72 - Instrução de trabalho do posto de reparação do produto G (parte 1)


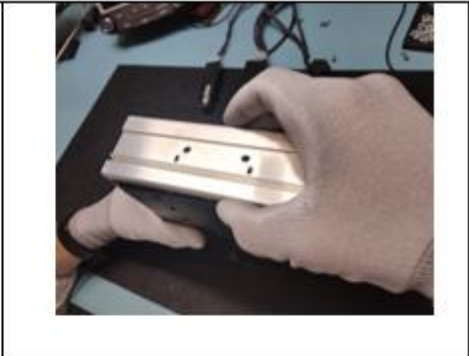



APTIV ELECTRONICS & SAFETY	
Análise e Retrabalho – Produto G	
Data Efetiva: 12-12-2018	Data de Revisão: 12-12-2018
Página 3 de 4	
	
<p>Rodar aparelho, desapertar 2 parafusos e colocar em caixa para refugo</p>	<p>Retirar blenda e colocar em caixa de material reutilizável</p>
	
<p>Abrir aparelho, retirar placa principal e colocar ambos em caixa de material reutilizável</p>	<p>Analisar e devolver material reutilizável à linha. Todos os componentes desmontados de um determinado rádio devem ser armazenados na mesma caixa.</p>
	
<p>Todo o material não reutilizável será direcionado para a área de refugo, onde deverão ser feitos todos os movimentos logísticos.</p>	

Figura 73 - Instrução de trabalho do posto de reparação do produto G (parte 2)

APÊNDICE 8 – INSTRUÇÕES DE TRABALHO DO PRODUTO H

APTIV ELECTRONICS & SAFETY

Análise e Retrabalho – Produto H

Data Efetiva: 12-12-2018

Data de Revisão: 12-12-2018

Página 2 de 3

5. PROCEDIMENTO

O desmantelamento do rádio deve ser feito da seguinte forma:






	
<p>Bancada de análise e reparação.</p>	<p>Colocar aparelho na bancada.</p>
	
<p>Aliviar os snaps</p>	<p>Separar todos os componentes</p>
	
<p>Analisar e devolver material reutilizável à linha.</p>	<p>Todo o material não reutilizável será direcionado para a área de refugo, onde deverão ser feitos todos os movimentos logísticos.</p>

Figura 74 - Instrução de trabalho do posto de reparação do produto H

APÊNDICE 9 – INSTRUÇÕES DE TRABALHO DO PRODUTO I

APTIV ELECTRONICS & SAFETY

Análise e Retrabalho – Produto I

Data Efetiva: 12-12-2018

Data de Revisão: 12-12-2018

Página 2 de 3

5. PROCEDIMENTO

O desmantelamento do rádio deve ser feito da seguinte forma:



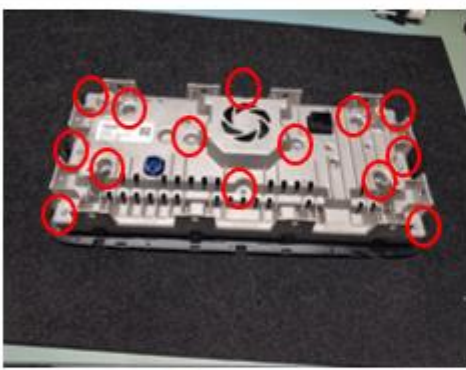


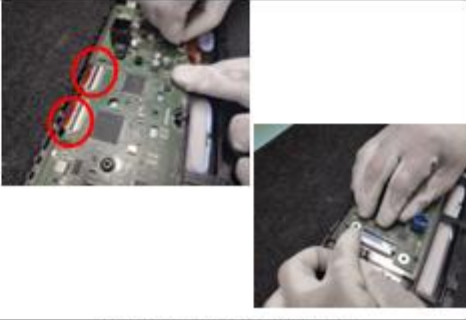
	
Bancada de análise e reparação.	Colocar aparelho na bancada.
	
Desapertar 14 parafusos e colocar em caixa para refugo	Separar caixilho do display e colocar em caixa para material reutilizável
	
Desapertar 2 parafusos e colocar em caixa para refugo	Desconectar flat cables

Figura 75 - Instrução de trabalho do posto de reparação do produto I (parte 1)





	
<p>Desapertar 2 parafusos e colocar em caixa para refugo</p>	<p>Separar os componentes e colocar em caixa para material reutilizável</p>
	
<p>Analisar e devolver material reutilizável à linha. Todos os componentes desmontados de um determinado rádio devem ser armazenados na mesma caixa</p>	<p>Todo o material não reutilizável será direcionado para a área de refugo, onde deverão ser feitos todos os movimentos logísticos.</p>

Figura 76 - Instrução de trabalho do posto de reparação do produto I (parte 2)