



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Jorge Francisco Gomes Duarte

**Aumento de produtividade de um processo  
produtivo utilizando princípios *Lean  
Thinking***

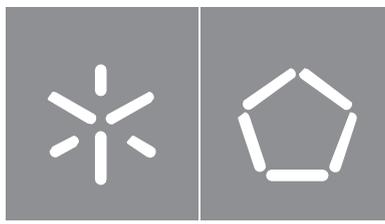
**Aumento de produtividade de um processo  
produtivo utilizando princípios *Lean Thinking***

Jorge Francisco Gomes Duarte

UMinho | 2022

Julho de 2022





**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

Jorge Francisco Gomes Duarte

**Aumento de produtividade de um  
processo produtivo utilizando princípios  
*Lean Thinking***

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Engenharia Industrial  
Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do  
**Professor Doutor Rui Manuel Alves Silva Sousa**

## **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**

O término desta dissertação assinala a conclusão do Mestrado em Engenharia Industrial e também o término de mais uma etapa na minha vida premiando o esforço, a persistência e a perseverança que dediquei à sua conclusão. Foram várias as pessoas que me incentivaram para a sua conclusão às quais agradeço o facto de me terem acompanhado nesta cruzada.

Em primeiro lugar quero agradecer à minha esposa e à minha filha pelo apoio, pela força que me deram, e pela paciência que tiveram comigo nos dias menos bons deste trajeto.

Um segundo agradecimento especial ao Professor Doutor Rui Manuel Alves Silva Sousa pela paciência demonstrada e pelo facto de não ter desistido deste projeto.

Agradeço também à Aptiv por me ter proporcionado esta experiência em contexto laboral.

Agradeço também à Doutora Ana Silva e ao Engenheiro André Seara pelo incentivo e pela oportunidade que me foi dada de participar na frequência deste mestrado.

Por fim, um agradecimento especial à minha equipa, o grupo de Engenharia Industrial da Aptiv, pelo suporte e incentivo dado para a conclusão desta dissertação.

Não somos velhos demais para sonhar e nunca é tarde demais para realizar os nossos sonhos.

Jorge Duarte

## **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 relatório de dissertação relata o trabalho desenvolvido em contexto industrial na empresa APTIVPORT SERVICES, S.A sediada em Braga, no âmbito do Mestrado em Engenharia Industrial. Esta empresa inserida no grupo empresarial Aptiv e representada em mais de 45 países, dedica-se à produção de produtos eletrónicos para o ramo automóvel.

A metodologia de investigação adotada foi a metodologia investigação-ação que promove a interação entre o investigador e as partes investigadas na análise e resolução de problemas.

O objetivo principal deste trabalho assenta no aumento de produtividade de processos produtivos utilizando princípios *Lean Thinking*. Com o foco no objetivo principal foram definidos objetivos secundários visando a eliminação de desperdícios como tempos de espera de operadores, diminuição de transportes, aumento de taxas de ocupação de equipamentos.

A primeira fase deste projeto consistiu na revisão da literatura centrada na filosofia *Lean*, tendo sido abordadas ferramentas como *Value Stream Mapping*, trabalho standard, e sistemas à prova de erro.

A segunda fase foi dedicada ao diagnóstico e análise crítica do estado atual do processo produtivo, utilizando a metodologia de investigação *Action Research*. A ferramenta utilizada na análise crítica e diagnóstico da situação atual foi o *Value Stream Mapping*.

Após o diagnóstico da situação atual foram sugeridas ações de melhoria para colmatar os tempos de espera de operadores, as baixas taxas de utilização de equipamentos e eliminação de tarefas que não acrescentam valor ao produto final. Estas ações de melhoria consistiram essencialmente na implementação de processos de automação e redistribuição de conteúdo de trabalho através da junção de estações de trabalho utilizando as tabelas de conteúdo de trabalho.

Como resultado da implementação das ações de melhoria sugeridas, foi possível aumentar a produtividade em 46%, através de automação e otimização e de operações. Também foi possível eliminar pontos críticos associados a risco de lesões musco esqueléticas, assim como alcançar uma poupança monetária de cerca de 817 569€ durante o tempo de vida do projeto, i.e. até 2025.

No final deste projeto ainda foi possível identificar duas oportunidades de melhoria a serem investigadas como próximos passos no processo de melhoria contínua da empresa.

## PALAVRAS-CHAVE

Produção *Lean*, Mapeamento da cadeia de valor, Melhoria contínua, Trabalho em Equipa

## **ABSTRACT**

This dissertation report is about the work developed in APTIVPORT SERVICES, S.A company located in Braga, under Industrial Engineering master's degree. This company is part of the Aptiv business group, represented in more than 45 countries, dedicated to the production of electronic products for the automotive sector.

The research methodology adopted was the action-research methodology that promotes interaction between the researcher and the investigated parties in the analysis and resolution of problems.

The main objective of this work is based on increasing the productivity of dedicated production processes using Lean Thinking principles. With the focus on the main objective, secondary objectives were defined aiming the elimination of waste such as waiting times for operators, reduction of transport, increase in occupancy rates of equipment.

The first phase of this project was consisted of a literature review based on the Lean philosophy. Tools such as Value Stream Mapping, Standard work and Error Proofing systems are the basis of this literature review.

The second phase was dedicated to the diagnosis and critical analysis of the current state using the Action Research investigation methodology. The main tool used to critical analysis and diagnosis of the current situation was Value Stream Mapping.

After diagnosing the current situation, improvement actions were suggested to overcome the waiting times of operators, the low rates of equipment use and elimination of tasks that do not add value to the final product. These improvement actions essentially consisted of the implementation of automation processes and work content redistribution by joining workstations using work combination tables.

As a result of implementing the suggested improvement actions, it was possible to increase productivity by 46%, through automation and optimization of operations. It was also possible to eliminate critical points associated with the risk of musculoskeletal injuries, and also to reach monetary savings of around €817 569 over the lifetime of the project, i.e. until 2025.

At the end of this project, it was still possible to identify two improvement opportunities to be investigated as the next step in the company's continuous improvement process.

## **KEYWORDS**

Lean Thinking, Value Stream Mapping, Continuous improvement, Teamwork

## ÍNDICE

Agradecimentos .....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas.....	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos .....	xiv
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.3 Metodologia de investigação.....	2
1.4 Estrutura da dissertação.....	3
2. Revisão da Literatura.....	4
2.1 <i>Lean</i> .....	4
2.1.1 TPS - <i>Toyota Production System</i> .....	4
2.1.2 Filosofia <i>Lean</i> .....	6
2.2 Identificação de desperdícios e melhoria contínua .....	8
2.3 Ferramentas <i>Lean</i> .....	13
2.3.1 <i>Value Stream Mapping</i> .....	13
2.3.2 5S .....	17
2.3.3 Gestão Visual.....	18
2.3.4 Sistemas à prova de erro.....	19
2.4 Avaliação de risco ergonómico <i>Golden Zone / Strike Zone</i> .....	19
2.5 Indicadores de desempenho .....	21
2.5.1 KPI Produtividade .....	21
2.5.2 KPI Eficiência Operacional – <i>Operational Efficiency</i> (OE) .....	21
2.5.3 KPI Taxa de Rejeição – <i>First Time Quality</i> (FTQ).....	22
2.5.4 KPI Refugo – <i>Scrap</i> .....	22

3.	Apresentação da empresa.....	23
3.1	APTIVPORT SERVICES, visão global.....	23
3.2	APTIVPORT SERVICES, S.A .....	24
3.2.1	Clientes, gama de produtos, e produtos .....	24
3.2.2	Instalações e recursos.....	25
3.2.3	Gestão do processo produtivo.....	27
3.2.4	Processo de melhoria contínua na Aptiv .....	27
4.	Análise e diagnóstico do processo produtivo .....	29
4.1	Apresentação do produto .....	29
4.2	Fluxo de produção e de materiais.....	30
4.3	Processo produtivo do produto M.....	33
4.3.1	Injeção e montagem de peças plásticas .....	33
4.3.2	Processos na área de eletrónica.....	33
4.3.3	Sistemas à prova de erro <i>Poka-Yoke</i> .....	38
4.4	VSM – Mapeamento da cadeia de valor .....	39
4.5	Identificação de problemas / oportunidades .....	42
4.5.1	Processos com baixas taxas de utilização.....	42
4.5.2	Excesso de inventário. ....	44
4.5.3	Manuseamento de WIP.....	45
4.5.4	Dificuldade em alcançar os materiais no posto de Pré-montagem.....	47
4.5.5	Colaboradores subutilizados .....	49
4.5.6	Tarefas que não acrescentam valor .....	51
5.	Propostas de melhoria implementadas .....	53
5.1	Instalação de processos de automação.....	53
5.1.1	Automação da célula de programação MOL .....	53
5.1.2	Automação da célula de teste EOL .....	57
5.2	Acoplamento do <i>Gap Filler</i> da <i>Bracket</i> com a montagem final .....	60
5.3	Redução do tempo de ciclo do posto de pré-montagem da placa RSC .....	63
5.4	Posto de <i>Gap Filler</i> CBA .....	68
5.5	VSM – Desenho do novo estado atual .....	70

6.	Análise e discussão de resultados .....	74
6.1	Melhoria da taxa de ocupação dos processos produtivos .....	74
6.2	Redução de tempos de espera dos operadores .....	75
6.3	Aumento da produtividade.....	76
6.4	Melhoria das condições de trabalho .....	76
6.5	Redução de custos operacionais .....	77
6.6	Resumo de resultados.....	78
7.	Conclusões.....	79
	Referências Bibliográficas .....	80
	Apêndice 1 – Cálculo de produtividade .....	82
	Apêndice 2 – Cálculo do <i>Takt time</i> .....	83
	Apêndice 3 – Cálculo de capacidade e taxas de ocupação .....	84
	Apêndice 4 – <i>Work combination table</i> posto de <i>Gap Filler</i> CBA.....	85
	Apêndice 5 – <i>Work combination table</i> posto de <i>Gap Filler</i> da <i>Bracket</i> .....	86
	Apêndice 6 – <i>Work combination table</i> do posto 1 da linha de Montagem Final.....	87
	Apêndice 7 – Cálculo de distâncias percorridas nas estações MOL e EOL.....	88
	Apêndice 8 – ICIM automação MOL.....	90
	Apêndice 9 – ICIM automação EOL .....	91
	Apêndice 10 – ICIM Acoplamento do <i>Gap Filler</i> com a Montagem Final .....	92
	Apêndice 11 – ICIM redução do tempo de ciclo do posto de pré-montagem.....	93
	Anexo 1 – Tabela de Ferramentas <i>Lean</i> .....	94
	Anexo 2 – Simbologia de um VSM .....	97
	Anexo 3 – <i>One Pager Best Practice</i> automação MOL.....	98
	Anexo 4 – Instrução de trabalho do posto 1 da montagem final (Páginas 1 e 2).....	99
	Anexo 5 – Instrução de trabalho do posto de pré-montagem (Páginas 1 e 2) .....	101
	Anexo 6 – Instrução de trabalho do posto de <i>Gap Filler</i> CBA (Páginas 1 e 2) .....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – A casa do TPS.....	5
Figura 2 – Princípios Lean .....	7
Figura 3 – Os desperdícios segundo Jeffrey Liker e Bill Carreira .....	8
Figura 4 – Tempo necessário associado aos movimentos na área de trabalho. ....	9
Figura 5 – Representação gráfica do desperdício inventário e sobreprodução. ....	10
Figura 6 – Ciclo PDCA de William Edwards Deming.....	11
Figura 7 – Representação gráfica dos passos de um VSM .....	14
Figura 8 – Matriz de seleção de famílias de um VSM.....	14
Figura 9 – Exemplo de um Value Stream Mapping .....	17
Figura 10 – Ciclo 5S .....	18
Figura 11 – Exemplos de Andons .....	18
Figura 12 – Representação gráfica de Golden Zone e Strike Zone .....	20
Figura 13 – Exemplo de uma avaliação Golden Zone / Strike Zone .....	20
Figura 14 – Segmentos funcionais Grupo Aptiv.....	23
Figura 15 – Portfólio de produtos por cliente. ....	24
Figura 16 – Vista aérea do complexo e localização dos edifícios Aptiv. ....	25
Figura 17 – Encapsulamento tipo BGA .....	26
Figura 18 – Comparação entre tecnologias SMT e THT .....	26
Figura 19 – Matriz de Avaliação de Impacto vs Esforço e Funil de Prioridades .....	28
Figura 20 – Vista explodida e lista de materiais .....	30
Figura 21 – Ordem de produção.....	31
Figura 22 – Fluxo de produção e de matérias no edifício 1.....	32
Figura 23 – Sequência de produção na área de plásticos edifício 2.....	33
Figura 24 – Sequência de produção na área de SMT .....	34
Figura 25 – Sequência de produção na área de CBA.....	36
Figura 26 – Sequência de produção na área de Montagem Final .....	38
Figura 27 – Mecanismos Poka-Yoke .....	39
Figura 28 – VSM Estado atual.....	39
Figura 29 – Tempo de processamento dos processos produtivos (segundos).....	40
Figura 30 – WIP entre processos (horas) .....	41

Figura 31 – Comparação TT vs tempo de ciclo.....	43
Figura 32 – Fluxo de produção e conexão entre processos.....	45
Figura 33 – Movimentações de materiais realizada pelos colaboradores de logística.....	46
Figura 34 – Movimentação de WIP entre os postos de Gap Filler CBA e pré-montagem .....	47
Figura 35 – Avaliação de risco ergonómico do posto de pré-montagem RSC.....	48
Figura 36 – Parts Presentation do posto de pré-montagem da placa RSC .....	49
Figura 37 – Comparação de tempos máquina e tempos pessoa .....	50
Figura 38 – Movimentações das operadoras de programação MOL e testes EOL.....	51
Figura 39 – Mecanismo de indexação rápida de sistema de programação e de produto .....	54
Figura 40 – Formulário Innovation and Continuous Improvement Methodologies .....	55
Figura 41 – Layout após implementação de automação MOL.....	57
Figura 42 – Cenário 1, robot sobre carris .....	58
Figura 43 – Cenário 2, robot fixo .....	59
Figura 44 – WCT do posto 1 de montagem final com a integração Gap filler .....	61
Figura 45 – Avaliação de risco ergonómico do posto 1 da montagem final.....	62
Figura 46 – Layout da área de montagem final após a integração do Gap Filler da Bracket .....	63
Figura 47 – WCT do posto de pré-montagem da placa RSC.....	64
Figura 48 – Novos tabuleiros da parede traseira e do dissipador.....	65
Figura 49 – Simulação do posto de pré-montagem da placa RSC.....	66
Figura 50 – WCT da simulação do posto de pré-montagem da placa RSC.....	66
Figura 51 – Avaliação de risco ergonómico do posto de pré-montagem da placa RSC.....	67
Figura 52 – Dispositivo do Gap Filler CBA.....	68
Figura 53 – WCT da simulação do posto de Gap Filler CBA.....	69
Figura 54 – Avaliação de risco ergonómico do posto de Gap Filler CBA.....	69
Figura 55 – Layout da área de montagem final.....	70
Figura 56 – VSM, Desenho do novo estado atual.....	70
Figura 57 – Tempos de processamento do estado futuro (segundos).....	71
Figura 58 – WIP entre processos estado futuro (horas).....	72
Figura 59 – Comparação de tempos de espera das operadoras .....	75
Figura 60 – Evolução da produtividade .....	76
Figura 61 – Work Combination Table posto de Gap Filler CBA.....	85
Figura 62 – Work Combination Table posto de Gap Filler da Bracket.....	86

Figura 63 – Work Combination Table posto 1 de montagem final .....	87
Figura 64 – Circuitos percorridos pela operadora na área programação MOL .....	88
Figura 65 – Circuitos percorridos pela operadora na área de testes EOL.....	89
Figura 66 – Formulário ICIM processo automação MOL .....	90
Figura 67 – Formulário ICIM processo automação EOL.....	91
Figura 68 – Formulário ICIM acoplamento do Gap Filler com a Montagem Final .....	92
Figura 69 – Formulário ICIM posto de pré-montagem da placa RSC.....	93
Figura 70 – Simbologia de um VSM (Marriott, 2019).....	97
Figura 71 – Formulário ICIM processo automação MOL .....	98
Figura 72 – Instrução de trabalho do posto 1 da montagem final (página 1) .....	99
Figura 73 – Instrução de trabalho do posto 1 da montagem final (página 2) .....	100
Figura 74 – Instrução de trabalho do posto de pré-montagem da placa RSC (página 1).....	101
Figura 75 – Instrução de trabalho do posto de pré-montagem da placa RSC (página 2).....	102
Figura 76 – Instrução de trabalho do posto de Gap Filler CBA (página 1).....	103
Figura 77 – Instrução de trabalho do posto de Gap Filler CBA (página 2).....	104

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de peças por unidade de transporte .....	31
Tabela 2 – Indicadores de desempenho do processo produtivo .....	40
Tabela 3 – Evolução da procura.....	42
Tabela 4 – Cálculo do Takt Time.....	42
Tabela 5 – Tempos de ciclo por grupo de estações .....	43
Tabela 6 – Capacidade instalada por grupo de estações e taxas de ocupação .....	44
Tabela 7 – Inventário traduzido em horas .....	44
Tabela 8 – Percentagem dos tempos de espera em relação ao tempo de ciclo .....	50
Tabela 9 – Indicadores de desempenho do processo produtivo .....	71
Tabela 10 – Quantidade de recursos utilizados por turno nos processos dedicados .....	73
Tabela 11 – Comparação das taxas de ocupação com a implementação das melhorias .....	74
Tabela 12 – Comparação do número de ocorrências de risco ergonómico.....	77
Tabela 13 – Projeção das poupanças expectáveis com a implementação das melhorias .....	78
Tabela 14 – Projeção das melhorias alcançadas não monetárias .....	78
Tabela 15 – Número de operadores em cada processo produtivo por turno.....	82
Tabela 16 – Distâncias percorridas em cada ciclo de abastecimento MOL (metros) .....	88
Tabela 17 – Distâncias percorridas em cada ciclo de abastecimento EOL (metros).....	89

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS**

BGA – *Ball grid Array*

CBA – *Circuit Board Assembly*

CMI – *Customer Mechanical Interface*

EOL – *End of Line Programming*

FA – *Final Assembly*

FIFO – *First-In-First-Out*

FPS – *Ford Production System*

FTQ – *First Time Quality*

GZ/SZ – *Golden Zone / Strike Zone*

IC – *Integrated Circuit*

ICIM - *Innovation and Continuous Improvement Methodologies*

ICT – *In Circuit Test*

JIT – *Just-In-Time*

KPI – *Key Performance Indicator*

MOL – *Middle of Line Programming*

MRP – *Material Requirements Planning*

OE – *Operational Efficiency*

PC&L – *Production Control & Logistics*

PCB – *Printed Circuit Board*

PDCA – *Plan Do Act Check* (Ciclo de Eduard Deming)

QRC – *Quick Response Code*

SMD – *Surface Mounted Device*

SMT – *Surface Mounted Technology*

THT – *Through Hole Technology*

TPS – *Toyota Production System*

TT – *Takt Time*

VSM – *Value Stream Mapping*

WCT – *Work Combination Table*

WIP – *Work in Progress*

## 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentado o enquadramento deste projeto de investigação, sendo expostos os objetivos do mesmo, a metodologia de investigação seguida, assim como uma breve descrição da estrutura do documento.

### 1.1 Enquadramento

No contexto atual marcado pela globalização dos mercados é notória a rápida evolução da inovação tecnológica e da variedade da oferta de produtos eletrónicos para o ramo automóvel. São estes fatores de inovação tecnológica e a sua variedade que trazem necessidades e exigências acrescidas para as empresas (Sjoberg, 2020). De forma a enfrentar esses desafios, as empresas têm de ajustar os seus processos produtivos à nova tipologia de produtos/procura, bem como melhorá-los através da constante identificação e redução de desperdícios (Dombrowski, Ebentreich, & Krenkel, 2016). É nesta procura constante de redução de desperdícios que surge o *Toyota Production System* (TPS), pela mão de Taiichi Ohno no Japão pós-guerra (Ohno, 1988). Proveniente do TPS, surge o termo *Lean Thinking* por (Womack, Jones, & Roos, 1992). O TPS e o pensamento *Lean* são um conjunto de princípios de gestão que suportam as empresas para o sucesso da melhoria contínua (Liker & Morgan, 2006). A melhoria contínua está cada vez mais presente nas empresas acelerando a implementação da filosofia *Lean* e eventual reestruturação dos seus processos produtivos com vista a ganhos de produtividade (Alves, Sousa, Dinis-Carvalho, & Moreira, 2015).

Este projeto de investigação decorreu na empresa APTIVPORT SERVICES, S.A., sediada em Braga, que tem como atividade principal a produção de componentes eletrónicos para a indústria automóvel. Esta empresa faz parte da Aptiv PLC com sede em Dublin, Irlanda.

Esta organização tem implantado uma forte mentalidade orientada para melhoria contínua com a utilização de ferramentas *Lean* na resolução de problemas e melhoria de processos produtivos. Esta mentalidade tem vindo a ser adquirida ao longo dos últimos dez anos através de workshops *kaizen* realizados nas várias empresas do grupo, e com o envolvimento de colaboradores de várias empresas do grupo provenientes de vários níveis da organização. Os resultados são partilhados entre as várias empresas do grupo. Esta partilha gera competitividade entre as empresas e eleva os fatores competitivos do grupo em relação aos seus concorrentes diretos. Esta intensa e contínua atividade de identificação e redução de desperdícios e implementação de medidas que melhoram os processos carece de

ferramentas adequadas, quer analíticas, quer de visualização, para aferir o impacto, a nível de custos, das medidas preconizadas e implementadas.

## **1.2 Objetivos**

O principal objetivo deste projeto de dissertação foi o aumento de produtividade dos processos produtivos dedicados ao produto M utilizando princípios *Lean Thinking*. Tendo como objetivo principal o aumento da produtividade, foram definidos objetivos intermédios com recurso ao uso da ferramenta *Value Stream Mapping*. Destes objetivos intermédios destacam-se os seguintes:

- Efetuar uma análise do estado inicial do processo produtivo
- Identificar os desperdícios existentes e oportunidades de melhoria
- Propor ações de melhoria visando a redução dos desperdícios identificados
- Implementar as propostas de melhoria sugeridas

## **1.3 Metodologia de investigação**

A metodologia de investigação adotada foi do tipo investigação-ação (*action research*), que promove a interação entre o investigador e os colaboradores da empresa na análise de problemas e desenvolvimento de ações com vista à mitigação dos problemas (Holman, 2005).

Esta metodologia assenta na execução de cinco passos essenciais para o seu sucesso, sendo eles, o Diagnóstico, o Planeamento, a Implementação de Ações, a Avaliação de Resultados e a Especificação da Aprendizagem.

- Diagnóstico: desenhar o estado atual do processo produtivo, identificando desperdícios e oportunidades
- Planeamento: definir ações que visem eliminar os desperdícios e solucionar implementar as oportunidades identificadas
- Implementação de ações: implementar as ações definidas
- Avaliação: avaliar o impacto das ações implementadas
- Especificação da aprendizagem: validar os resultados obtidos e registar / documentar o processo realizado

A aplicação desta metodologia assemelha-se ao ciclo *Plan Do Act Check* (PDCA) de William Edwards Deming, sendo que na avaliação de resultados podem surgir novos dados que podem levar o investigador a elaborar um novo plano de ações e assim sucessivamente (Holman, 2005).

#### **1.4 Estrutura da dissertação**

A presente relatório de dissertação encontra-se estruturado em sete capítulos. No primeiro capítulo é apresentado o enquadramento do tema da dissertação. Também neste capítulo são apresentados os objetivos propostos com este projeto de investigação, assim como a metodologia utilizada na investigação e um breve resumo da estrutura do relatório apresentado.

O segundo capítulo apresenta a revisão da literatura efetuada que suporta este projeto de investigação. Esta revisão da literatura tem como principal foco a filosofia *Lean*, as suas origens e principais ferramentas.

No terceiro capítulo é apresentada uma breve descrição da empresa Aptiv onde decorreu este estágio que deu origem ao presente relatório de dissertação. Este capítulo apresenta também uma descrição das áreas produtivas e dos processos produtivos existentes na Aptiv de Braga.

No quarto capítulo é apresentado o produto alvo de investigação, assim como uma descrição detalhada dos seus processos produtivos. Este capítulo apresenta também uma descrição do processo de melhoria contínua onde foram identificados vários problemas e oportunidades de melhoria. Aqui são referenciadas as ferramentas utilizadas na identificação dos problemas encontrados.

O quinto capítulo descreve de uma forma detalhada as ações implementadas para colmatar alguns dos problemas identificados no capítulo anterior. Este capítulo refere as ferramentas utilizadas na implementação das ações de melhoria.

No sexto capítulo é feita uma análise detalhada dos resultados expectáveis com as ações implementadas.

Por último, o capítulo sete, apresenta algumas considerações finais sobre este projeto de investigação. Também aqui são sugeridas propostas de investigação como trabalho futuro.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo apresenta uma revisão da literatura sobre o conceito *Lean*. Também o TPS, *Toyota Production System*, é aqui descrito assim como algumas ferramentas mais relevantes deste sistema.

### 2.1 *Lean*

O termo *Lean* está nos dias de hoje bastante presente na indústria transformadora (Haque & Jamesmoore, 2004). James Womack, Daniel Jones e Daniel Roos no seu livro “*The machine that changed the world*” divulgam como os princípios e a filosofia *Lean* podem melhorar o desempenho destas indústrias (Womack et al., 1992).

Não é possível falar de *Lean* sem mencionar o *Toyota Production System*, TPS. De acordo com Liker e Morgan (2006), a designação *Lean* foi amplamente divulgada nos anos 90 pelo livro “*The machine that changed the world*”, e tem a sua origem no TPS.

#### 2.1.1 TPS - *Toyota Production System*

O TPS foi desenvolvido por Taiichi Ohno sendo descrito na sua publicação “*The Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*” (Ohno, 1988) tendo a sua origem na empresa japonesa *Toyota Motor Company* fundada em 1918 por Sakichi Toyoda (Holweg, 2007). Após a segunda guerra mundial a *Toyota Motor Company* encontrava-se com dificuldades de escoamento da produção muito por culpa da profunda crise económica que assolava o Japão, o que levou a um aumento de stock no mercado automóvel Japonês (Holweg, 2007). Como forma de procurar uma solução para este problema Kiichiro Toyoda, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno deslocaram-se às instalações da Ford para estudar o sistema de produção Ford, o *Ford Production System*, FPS. O FPS também conhecido na altura como sistema de produção em massa, já continha conceitos inovadores como o uso de peças standard, a divisão de trabalho e fluxo de trabalho contínuo. Kiichiro Toyoda e sua equipa denotaram algumas falhas neste sistema. A produção em grandes lotes origina muito inventário, é necessário um investimento elevado, pode originar num número elevado de defeitos e também limita a diversidade e escolha do cliente. Tendo em conta estas falhas detetadas no FPS decidiram criar um sistema baseado na eliminação de desperdícios, com a introdução dos conceitos *Just-In-Time*, *Jidoka*, *Heijunka*, *Kaizen* e trabalho padronizado. Surge assim o *Toyota Production System* (Ohno, 1988).

O *Toyota Production System* é normalmente representado pelo desenho de uma casa. Esta representação tem por base os alicerces e dois pilares que suportam um telhado. Esta representação gráfica também é designada de “casa do TPS” (Figura 1).

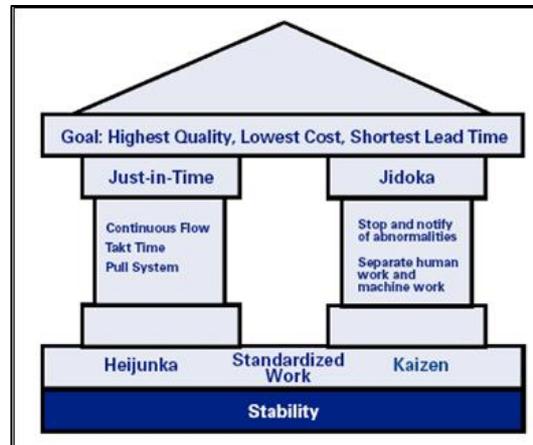


Figura 1 – A casa do TPS  
(Fonte: (Ballé, 2015))

Os alicerces ou fundações, descritos na imagem como sendo a produção nivelada, o trabalho standard e a melhoria contínua (*Kaizen*) representam a estabilidade do sistema.

A palavra *Kaizen* é oriunda do Japão tendo vindo a ser interpretada por vários autores de forma diferente em cada contexto. O termo *Kaizen* simboliza a procura de mudar para melhor, ou seja, a melhoria contínua no âmbito industrial (Macpherson, Kavan, Lockhart, & Iaquinto, 2015). É o processo de melhoria contínua que por vezes mais desafios traz às organizações. Como implementar processos de melhoria contínua, onde, quem são os membros mais adequados para este processo, como capturar as ideias para resolução de problemas, como priorizar os problemas, é algo por vezes muito complexo e talvez o segredo do sucesso. Mais à frente nesta dissertação será explanado este tema.

Os pilares do TPS, *Just-In-Time* e *Jidoka* são o suporte do telhado que representa o objetivo do sistema, uma melhor qualidade ao mais baixo custo no menor período.

A produção *Just-In-Time*, JIT, é um método de produção onde todos os processos produzem a quantidade de peças necessárias no momento necessário (Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa, 1977). Neste método todos os processos funcionam de acordo com esta filosofia, evitando a sobreprodução e stocks intermédios de produto. Este método permite encurtar o *lead time* e também uma melhor utilização dos recursos quer estes sejam máquinas ou até mesmo pessoas. O *Just-in-Time* requer um fluxo contínuo de produção, orientado por *Pull System* e *Takt Time*.

Um sistema de produção orientado por um *Pull System* é um sistema de produção onde a informação flui no sentido inverso do fluxo da produção (Bonney, Zhang, Head, Tien, & Barson, 1999). As ordens de produção para esse processo são originadas pelo processo seguinte seja ele cliente interno ou cliente externo. Desta forma os processos só produzem a quantidade necessária quando é necessário, reduzindo ao mínimo os stocks intermédios.

O termo *Takt Time* foi introduzido no TPS pela mão de Eiji Toyoda que se baseou no conceito “*Produktionstakt*” usado na empresa de aeronáutica alemã *Focke-Wulff aircraft* no período da segunda guerra mundial. Este conceito tem o propósito de marcar o ritmo necessário de produção mediante a procura do cliente (Holweg, 2007). O *Takt Time* (TT) é a razão entre o tempo disponível de produção e a quantidade solicitada pelo cliente.

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ de\ produção\ diária}{Procura\ do\ cliente}$$

*Jidoka*, segundo Sugimori (1977), significa a capacidade para fazer parar um equipamento ou um processo produtivo sempre que algo de anormal ocorre, como por exemplo, avarias, produção com defeitos ou até mesmo sobre produção. Associado a este conceito estão os sistemas de gestão visual *Andon* e os sistemas *Poka-Yoke* (anti erro).

Segundo Ballé (2015), o TPS é a procura da vantagem competitiva através da satisfação dos clientes, aumentando os níveis de implementação das metodologias *Just-In-Time*, e *Jidoka* envolvendo os colaboradores num trabalho padronizado, em melhorias *kaizen* e produção nivelada, tudo assente num processo produtivo estável.

Como forma de manter um processo estável, é necessário trabalhar na melhoria contínua dos processos produtivos, mitigando os desperdícios neles existentes utilizando a filosofia *Lean Thinking*.

### 2.1.2 Filosofia *Lean*

A filosofia *Lean* visa a eliminação de todo o tipo de desperdícios tendo por base cinco princípios para a sua eficaz implementação segundo Womack e Jones na sua publicação “*Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*”. Estes cinco princípios, Valor, Cadeia de valor, Fluxo contínuo, Sistema de produção *Pull* e busca de perfeição, são a chave do sucesso da correta implementação do Pensamento *Lean* e aplicáveis a qualquer processo produtivo (Haque & James-moore, 2004; Womack & Jones, 1997).

A Figura 2 representa os princípios *Lean* como sendo uma sequência de eventos para a sua implementação.



Figura 2 – Princípios *Lean*

1. A primeira fase é a **identificação de Valor** do ponto de vista de todas as partes interessadas. Neste princípio é necessário entender o que é que o cliente valoriza no produto e o que está disposto a pagar pelo mesmo especificando as suas características e atributos necessários. Todas as características e funcionalidades dos produtos que não sejam um requisito do cliente devem ser consideradas desperdícios.
2. A segunda fase é a **identificação da cadeia de valor**. Nesta fase são identificados todos os processos necessários para a produção do produto de acordo com os requisitos do cliente. Todas as atividades ou processos que não são necessários para o preenchimento dos requisitos do cliente são considerados desperdício porque não acrescentam valor.
3. A terceira fase é o **fluxo contínuo da produção**. A produção e o produto devem fluir entre os processos sem interrupção privilegiando o uso de lotes pequenos e conceitos “*one-piece-flow*” nos processos produtivos.
4. A quarta fase faz referência ao uso de sistemas de **produção puxada**. O pensamento *Lean* privilegia o *Just-In-Time*, produzindo a quantidade necessária quando é necessário de acordo com os pedidos do cliente.
5. A quinta e última fase da implementação do pensamento *Lean* é a **busca da perfeição**. A busca da perfeição procura a eliminação dos desperdícios que vão surgindo ao longo do tempo na cadeia de valor e a superação das expectativas do cliente.

## 2.2 Identificação de desperdícios e melhoria contínua

Atualmente quando se menciona o termo *Lean*, está-se a falar em eliminar desperdícios. Dos vários desperdícios identificados, segundo Ohno (1988) no seu livro “*The Toyota Production System*” e Carreira (2004) no seu livro “*Lean Manufacturing that Works*” todos os desperdícios podem ser classificados em sete categorias, sendo elas, a sobreprodução, o inventário, o transporte, os defeitos, as esperas, os movimentos desnecessários e o sobre processamento. Segundo estes autores, o desperdício é toda a atividade que aumenta o custo, mas não acrescenta valor ao produto final.

A Figura 3 representa graficamente estes desperdícios.



Figura 3 – Os desperdícios segundo Jeffrey Liker e Bill Carreira

**Defeitos** é todo o material não conforme proveniente do processo produtivo. A produção de artigos com defeito consome recursos e matéria-prima. Normalmente as peças defeituosas são passíveis de recuperação através de retrabalho externo, fora do processo produtivo. As peças que não são recuperáveis, são consideradas refugo, lixo. Na origem dos defeitos podem estar várias causas, como a troca de matéria-prima, a falta de experiência, formação dos colaboradores, peças más provenientes do processo anterior, processos mal desenhados para o trabalho a efetuar, entre outras (Pinto, 2008).

**Espera**, este desperdício significa que o processo produtivo ou as pessoas estão à espera de algo para iniciar a produção. Segundo Carreira (2004), associadas a estas esperas estão as faltas momentâneas de material, as esperas por inspeções extra, faltas de informação provenientes de departamentos externos, processos não balanceados entre si ou até mesmo o de balanceamento entre homem e máquina (Liker, 2004).

**Movimentos desnecessários** são um tipo de desperdício que pode ser verificado de duas formas, dentro e fora do posto de trabalho. A movimentação de informação e de pessoas no processo produtivo que não trazem valor acrescentado ao produto é uma das formas de desperdício fora do posto de trabalho (Melton, 2005). Os movimentos excessivos dentro do posto ou célula de trabalho resultantes de postos de trabalho mal concebidos ou porque a disposição dos materiais não é a mais eficiente também é uma outra forma de desperdício. A Figura 4 ilustra o tempo necessário para os movimentos efetuados por um colaborador dentro de uma célula de trabalho.

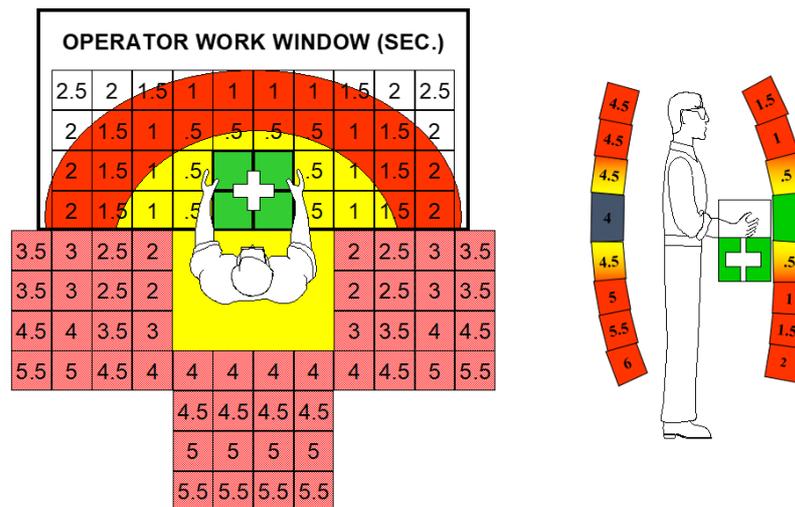


Figura 4 – Tempo necessário associado aos movimentos na área de trabalho.  
(Fonte: Apresentação da empresa Aptiv (2019))

O desperdício **Inventário** refere-se ao excesso de produto acabado, de subprodutos ou produtos intermédios e excesso de matéria-prima existentes, quer seja nos processos produtivos quer seja nos armazéns (Liker, 2004). O inventário, nas suas variadas formas, envolve custos acrescidos de transporte e armazenamento, sendo que, no pior dos casos, pode gerar material obsoleto. A existência de produção desnivelada origina um maior inventário entre processos.

O desperdício **Sobreprodução** significa produzir mais do que é necessário, ou produzir antes do momento certo. Este desperdício está associado por vezes ao conceito de que um processo não deve estar parado. Segundo Bill Carreira (2004), para alguns gestores é mais fácil seguir as métricas de eficiência mantendo os colaboradores a produzir, por vezes, o que não é necessário em vez de os manterem ocupados com outro tipo de atividades como *housekeeping*, aumentando assim o inventário. A sobreprodução está diretamente ligada ao desperdício inventário, porque quando se produz mais do que o que é necessário, está-se a aumentar o inventário. O desperdício inventário e a sobreprodução, representados na Figura 5, são considerados como sendo os piores desperdícios porque escondem todos

os outros (Ohno, 1988). Na sua origem está principalmente o facto de não utilizar o *Takt Time* como “relógio do processo” ou sistemas pull.

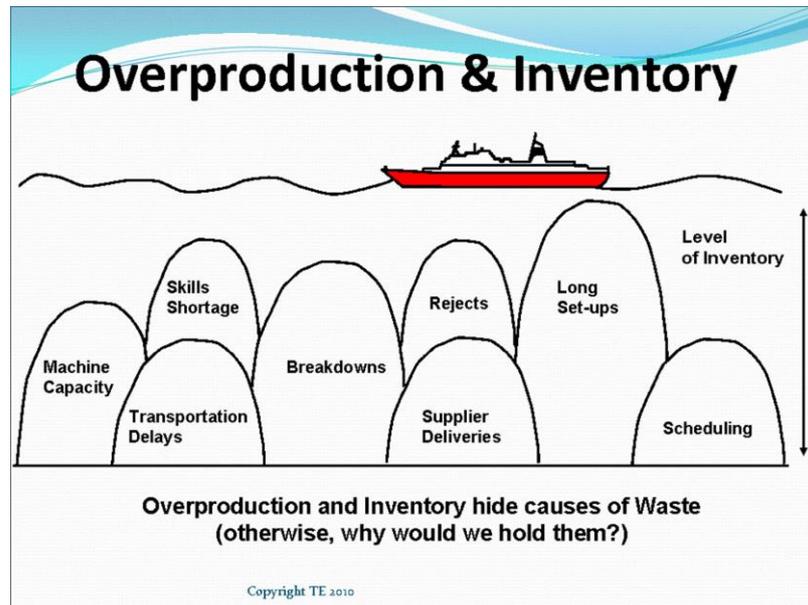


Figura 5 – Representação gráfica do desperdício inventário e sobreprodução.  
(Fonte <http://leanmanufacturingtools.org/106/waste-of-inventory-causes-symptoms-examples-solutions/>)

O **Sobreprocessamento** está relacionado com tarefas que não trazem valor acrescentado ao produto final. Normalmente, a este desperdício estão associadas as atividades não necessárias, a utilização de ferramentas desajustadas para as respetivas operações ou até mesmo defeituosas ou desgastadas (Bicheno & Holweg, 2016). A utilização deste tipo de ferramentas pode gerar defeitos e consequente retrabalho do produto final. Dentro das atividades repetidas ou desnecessárias estão, por exemplo, atividades de controlo que num determinado momento foram necessárias e após a resolução do respetivo problema, não foram removidas.

O desperdício **Transporte** representa tudo o que são movimentações de matérias-primas do produto ou entre processos produtivos (Liker, 2004). Este desperdício é talvez o desperdício mais mal compreendido dentro dos sete desperdícios já aqui referidos, porque sendo um desperdício, é também uma necessidade. O produto tem de ser movimentado entre estações de trabalho ou processos produtivos. Contudo, o desperdício transporte faz referência ao transporte excessivo que pode ser resultante de postos de trabalho e alocações de material distantes, ou seja, *layouts* mal desenhados. Por vezes, as empresas tentam mitigar este desperdício transportando uma maior quantidade de produto, mas com esta tentativa de mitigação, estão a criar mais inventário. Melton (2005) refere que sempre que um produto está a ser transportado não está a ser processado pelo que o transporte não acrescenta valor ao produto final.

A estes sete desperdícios identificados por Taiichi Ohno e James Womack foi identificado posteriormente por Jeffrey Liker em 2004 na sua publicação “*The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*” um oitavo desperdício.

O desperdício **Talento** identificado por Jeffrey Liker refere-se ao não aproveitamento do talento dos colaboradores. Este desperdício, segundo o autor, prende-se com o facto de não se aproveitar o potencial destes colaboradores na resolução de problemas, pelo simples facto de não os envolver, não os ouvir e não lhes ser dada a oportunidade de participarem com as suas ideias (Liker, 2004).

Em *Lean*, um termo muito conhecido que visa a diminuição destes desperdícios é a melhoria contínua. Como forma de manter um processo estável, é necessário trabalhar na melhoria contínua dos processos produtivos, mitigando os desperdícios neles existentes.

Melhoria contínua é uma filosofia na qual as iniciativas das organizações estão alinhadas com as metas de negócios para impulsionar o crescimento e a melhoria constantes. Dentro da melhoria contínua, é necessário enfatizar a melhoria do fluxo através da eliminação de desperdícios. A abordagem mais eficaz depende de uma cultura na qual todos identificam problemas e implementam soluções o mais rapidamente possível. É através desta identificação repetida de problemas e sua resolução que o ciclo de melhoria contínua é criado. O ciclo PDCA, *Plan Do Act Check*, ou ciclo de Deming, representado na Figura 6, é uma das metodologias mais utilizadas num processo de melhoria continua e na resolução de problemas.

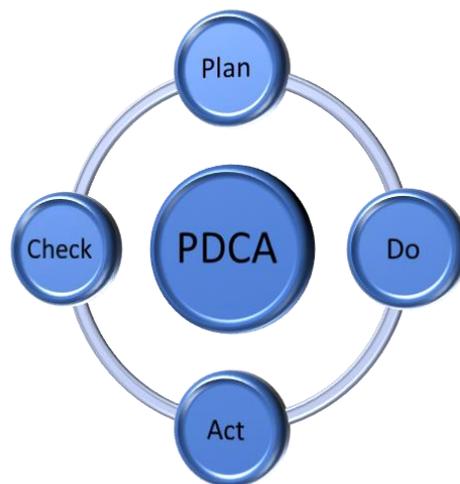


Figura 6 – Ciclo PDCA de William Edwards Deming

O ciclo PDCA contempla quatro fases sendo que devem ser repetidas até que o objetivo seja alcançado.

O primeiro passo no processo de melhoria contínua é desenvolver um foco claro sobre o que precisa ser alcançado. Isso requer a identificação do estado atual, do estado ideal e da distância entre os dois. Identificar o estado ideal é uma parte crucial do processo de melhoria porque ajuda a identificar a verdadeira oportunidade. Ao identificar o estado ideal a equipa está a encontrar o desperdício oculto no sistema.

O segundo passo do processo é estabelecer metas de curto prazo que ajudem a fechar a lacuna entre o estado atual e o estado ideal.

O terceiro passo consiste em desenvolver e implementar medidas eficazes para atingir as metas propostas. Estas medidas visam fechar as lacunas identificadas. O plano de implementação fornece uma estratégia para a conclusão das tarefas.

Finalmente é imperativo verificar se os resultados esperados são os obtidos. Caso contrário, é necessário agir para corrigir a situação. O passo da verificação não só ajuda a garantir que os ganhos são realizados, mas também é um passo fundamental na criação de uma cultura de aprendizagem - O que foi feito bem? O que poderia ter sido feito melhor?

Num processo de melhoria contínua, é essencial utilizar os conceitos de observar, padronizar e melhorar. Para definir o estado atual e identificar oportunidades de melhoria, a equipa primeiro observa o processo atual. A primeira iniciativa do grupo de melhoria deve ser implementar a padronização. A padronização estabelece o método mais conhecido para completar uma série de tarefas, resultando num processo projetado para produzir níveis repetitivos de segurança, qualidade, resultados e custo. É importante fazer a padronização primeiro porque estabelece uma linha de base para o próximo nível de melhoria, tornando os desperdícios mais visíveis. Além disso, a implementação da padronização facilita a identificação e eliminação de causas raiz quando ocorrem problemas. Após a implementação da padronização, o próximo passo é identificar outras oportunidades de melhoria. A lista de ideias de melhoria deve ser priorizada com maior relevância na seleção de problemas que podem ser rapidamente resolvidos e resultar no maior benefício. Ao praticar a melhoria contínua num processo sem se ter a noção do valor desse mesmo processo e a sua relevância para o produto, pode-se estar a trabalhar em vão porque poderá não trazer valor acrescentado para o cliente ou para a organização.

É neste contexto de melhoria contínua que o pensamento *Lean* é uma mais valia, com um conjunto de ferramentas e metodologias que ajudam a atingir os objetivos propostos.

## 2.3 Ferramentas *Lean*

Na procura da melhoria contínua há uma série de ferramentas que ajudam a atingir os objetivos, cada uma com a sua especificidade. O Anexo 1 identifica algumas destas ferramentas assim como as suas principais características.

Como forma de manter um processo produtivo estável, é necessário trabalhar na melhoria contínua destes mesmos processos produtivos, mitigando os desperdícios neles existentes. A melhoria contínua torna-se realmente eficaz quando se sabe onde intervir.

A ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM), apresentada na secção seguinte, evidencia o que realmente tem valor acrescentado para o produto final e consequentemente para o cliente.

### 2.3.1 *Value Stream Mapping*

*Value Stream Mapping* ou mapa de fluxo de valor, é uma ferramenta usada para representar visualmente a sequência do processo, o fluxo de valor, fluxo de material e fluxo de informação para um produto ou família de produtos, usando uma simbologia padrão (Rother & Shook, 1999). Segundo Rother e Shook (1999), esta representação gráfica inclui todas as atividades, as que acrescentam valor e as que não acrescentam valor, que ocorrem associadas a um determinado produto, desde o seu estado inicial em matéria-prima até ao momento em que este é entregue ao cliente. Esta ferramenta também facilita a identificação de desperdícios e a sua fonte, ajuda na priorização de atividades de melhoria contínua da fábrica e dos níveis de fluxo de valor. A representação gráfica da cadeia de valor fornece toda a base para o desenvolvimento de um plano global de melhoria.

O uso desta ferramenta contempla cinco etapas. A Figura 7 representa graficamente as diferentes etapas e os passos para a boa utilização da ferramenta VSM.



Figura 7 – Representação gráfica dos passos de um VSM

1. A primeira etapa consiste em definir o produto ou a família de produtos alvo do VSM. De acordo com Rother e Shook (1999), uma família é um grupo de produtos que atravessam o processo produtivo através de processos semelhantes ou equipamentos comuns. Para além dos processos comuns, também devem ser selecionados produtos com elevada procura. Desta forma a melhoria tem um maior impacto. Nesta seleção é muito comum usar uma tabela de mapeamento de processos que relaciona os produtos com o volume de produção. Desta forma é possível ter uma visão geral dos processos e dos produtos com maior impacto. A Figura 8 apresenta um exemplo da matriz de produtos com os respetivos volumes e processos.

Volume por produto			Processos							
Produto	Procura diária	% total	A	B	C	D	E	F	G	H
A	400	40%	1		2	3	4		5	6
B	300	30%	1		2	3	4		5	6
C	120	12%	1		2	3	4		5	6
D	50	5%	1	2	3		4	5		
E	40	4%	1	2	3		4	5		
F	45	5%	1		2		3		4	5
G	30	3%	1		2		3		4	5
H	15	2%	1		2		3		4	5
Total	1000									

À direita da tabela, há três caixas de texto rotuladas "Família de produtos A", "Família de produtos B" e "Família de produtos C", cada uma com uma seta curva que agrupa as linhas correspondentes da matriz.

Figura 8 – Matriz de seleção de famílias de um VSM

2. A segunda etapa consiste em fazer o mapeamento do estado atual. Esta etapa compreende quatro passos, sendo eles o mapeamento do processo e o seu fluxo, o mapeamento do fluxo de materiais, o mapeamento do fluxo de informação e por último o cálculo do tempo de ciclo total do produto no processo. O desenho do estado atual do VSM deve ser realizado através de

uma visita ao chão de fábrica e ser representativo da realidade, como uma fotografia tirada a cada processo, a cada supermercado ou a cada fluxo de material. No desenho do estado atual deve ser utilizada uma simbologia padrão de forma que seja facilmente perceptível por todos. O Anexo 2 apresenta alguns exemplos dos símbolos utilizados na representação gráfica do VSM.

3. A terceira etapa desta ferramenta deve ser dedicada à análise do estado atual do processo produtivo. Nesta análise crítica do estado atual deve-se ter em consideração os princípios *Lean*, identificar as atividades que acrescentam valor e as que não acrescentam valor. Dentro das atividades que não acrescentam valor, também devem ser identificadas as atividades que são necessárias ao processo e as atividades que não são necessárias ao processo produtivo. Desta forma, e através desta análise crítica, é possível identificar as fontes de desperdício. Rother e Shook referem na sua publicação "*Learning to see*" que uma cadeia de valor *Lean* é aquela em que um processo produtivo produz exatamente a quantidade necessária quando o processo que se encontra a jusante necessita. Ainda segundo os mesmos autores, a análise crítica do estado atual deve seguir sete linhas mestras de orientação para uma cadeia de valor *Lean*, sendo elas:
  - a. Produzir ao ritmo do *Takt Time*
  - b. Aplicar fluxo contínuo da produção sempre que possível.
  - c. Usar minimercados de produto semiacabado para controlo da produção sempre que não é possível o fluxo contínuo.
  - d. Selecionar um único processo onde aplicar o plano de produção. Gerir a sequência de produção, os processos a montante através de sistemas *Pull* e os processos a jusante através de sistemas *First In First Out*, FIFO.
  - e. Nivelar a produção de forma a produzir lotes menores várias vezes ao dia.
  - f. Definir o tamanho de um lote de produção, *Lot Size* em inglês, e planear a produção diária tendo por base o lote de produção. Criar ordens de produção para cada lote e temporizá-las. Desta forma é possível obter a informação se o plano de produção está a ser cumprido dentro do tempo previsto ou não.
  - g. Produzir todos os produtos todos os dias.

4. A quarta etapa deste processo destina-se a desenhar o VSM do estado futuro. Para isso devem ser consideradas algumas questões-chave que ajudarão a obter um VSM *Lean*. Estas questões estão relacionadas com as linhas mestras de análise crítica do VSM do estado atual.
  - a. Qual é o *Takt Time* necessário de acordo com a procura do cliente?
  - b. Qual vai ser a estratégia para o produto acabado: produzir de acordo com a necessidade diária ou produzir para um supermercado?
  - c. Como é que se pode implementar um fluxo contínuo?
  - d. De forma a poder controlar o inventário, que métodos se vão utilizar: sistemas *Pull* ou supermercados?
  - e. Qual vai ser o processo produtivo a marcar o ritmo e a receber o plano de produção?
  - f. De que forma vai ser nivelada a produção?
  - g. Como obter a informação sobre o estado da produção: se está a decorrer como planeado ou se está atrasada?
  - h. Quais são as alterações necessárias a implementar de forma a obter um VSM *Lean*?

Esta última questão servirá de base para a definição de um plano de implementação de ações com o objetivo de alterar o VSM do estado atual para o estado desejado. É importante desenhar um VSM do estado futuro realista e atingível, com datas e responsáveis pela execução do plano.

5. A quinta fase do VSM é a fase onde ocorre a elaboração de um plano para implementar o estado futuro, assim como a sua implementação e verificação da sua execução. Para a implementação do plano estipulado, por vezes são necessárias várias iterações à semelhança de um ciclo PDCA.

A Figura 9 apresenta um exemplo de um *Value Stream Mapping*.

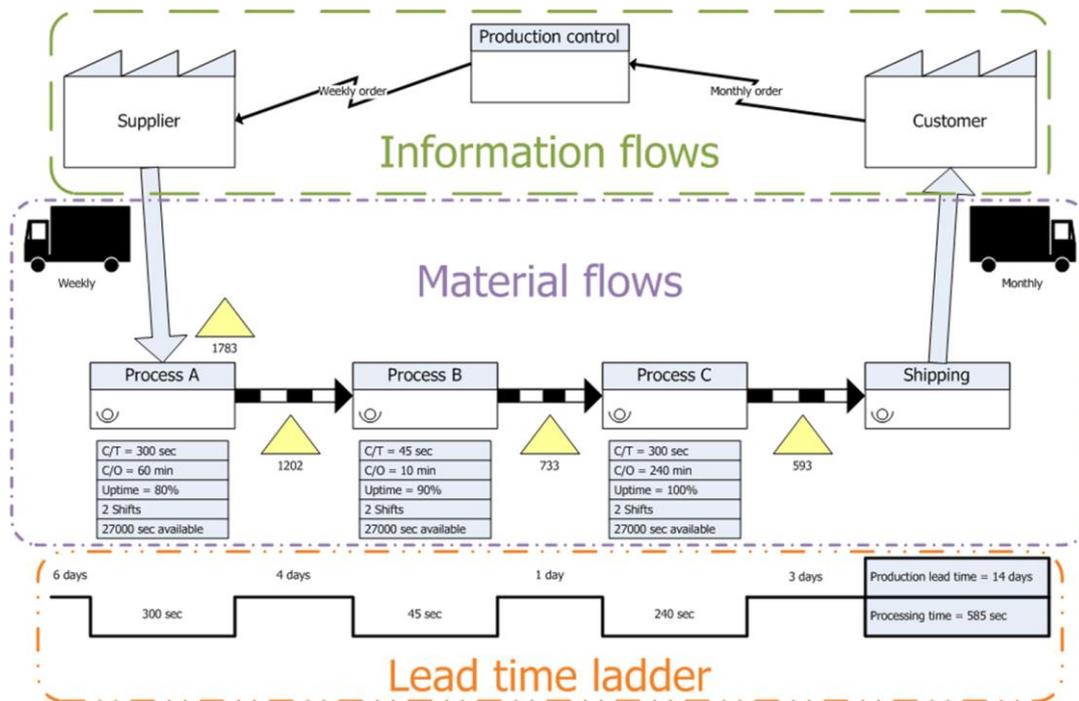


Figura 9 – Exemplo de um *Value Stream Mapping*  
 (Fonte [https://en.wikipedia.org/wiki/Value-stream\\_mapping](https://en.wikipedia.org/wiki/Value-stream_mapping))

### 2.3.2 5S

Esta ferramenta tem como objetivo a organização do posto de trabalho, estando assente em cinco fases, a Triagem, a Organização, a Limpeza, a Normalização e a Autodisciplina (Hirano & Talbot, 1990). O termo 5S tem origem nos termos japoneses *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke*, em inglês *Sort, Set in Order, Shine, Standardize e Sustain*.

É um conjunto simples, mas altamente eficaz, de técnicas que ajudam a eliminar desperdícios do ambiente de trabalho através de uma melhor organização do local de trabalho, da comunicação visual e da limpeza geral. Cria um ambiente que apoia o operador nas suas tarefas. Fornece uma abordagem uniforme na implementação de um posto de trabalho, apoia a implementação de ajudas visuais comuns a outros processos e ao mesmo tempo atribui responsabilidades ao operador pela sua manutenção/limpeza.

A Figura 10 mostra a representação gráfica e sequencial do ciclo 5S.

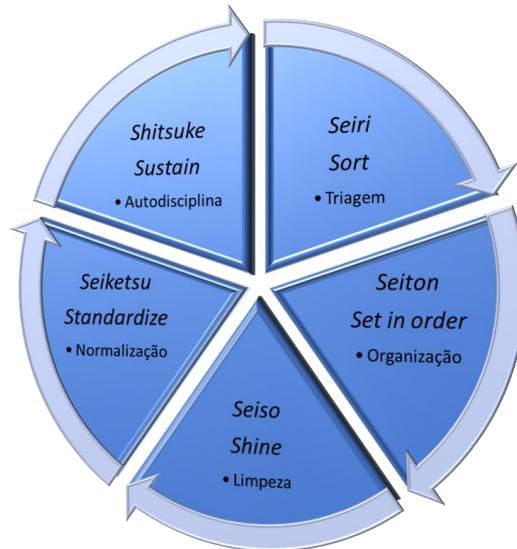


Figura 10 – Ciclo 5S

### 2.3.3 Gestão Visual

De uma forma generalizada, a gestão visual tem como propósito transmitir, de forma inequívoca e imediatamente perceptível, informação relevante sobre um dado processo. A gestão visual pode recorrer a vários mecanismos, nomeadamente o *Andon*

A ferramenta *Andon* é um sistema de informação visual ou sonora. Estes sistemas tem a função de alertar quando há necessidade de assistência ou simplesmente de informar o estado do respetivo processo. Através dos sinais *Andon* é possível ter uma perceção visual rápida do estado do processo. Estes dispositivos podem ser ativados manual ou automaticamente quando ocorre uma anormalidade num processo ou equipamento.

Como sinais *Andon* podem ser utilizados os mais variados mecanismos, desde sistemas de iluminação até mesmo uma simples bandeira.

A Figura 11 apresenta alguns exemplos de gestão visual e onde são utilizados.



Figura 11 – Exemplos de gestão visual (Pinto, 2008)

#### 2.3.4 Sistemas à prova de erro

Os sistemas à prova de erro também conhecidos por *Poka-Yoke*, são sistemas que previnem a ocorrência de defeitos. Segundo Shingo (1986), os sistemas à prova de erro são sistemas que previnem a ocorrência de defeitos, efetuando uma inspeção a todas as peças. Estes sistemas, integrados no pilar *Jidoka* do TPS como já referido anteriormente, alertam para a ocorrência de anormalidades no processo produtivo. Estes sistemas estão agrupados em três grupos: sistemas de sinalização, sistemas de paralisação e sistemas de detecção de acordo com a sua funcionalidade (Calarge & Davanso, 2004).

Os sistemas de sinalização são sistemas em que sempre que ocorre uma anomalia no processo produtivo, acionam um *Andon* que pode ser luminoso ou sonoro alertando os colaboradores da ocorrência de uma anomalia. Desta forma o colaborador pode corrigir o erro e prosseguir com o processo produtivo.

Os sistemas de paralisação não permitem que um equipamento prossiga em funcionamento sempre que detetar uma anomalia no fluxo normal de funcionamento do processo produtivo. Exemplos destes sistemas são por vezes os sensores de detecção de características mecânicas do produto ou bloqueadores de equipamentos sob a forma mecânica ou elétrica que acionam a abertura de um dispositivo ou bloqueiam o funcionamento de um equipamento.

Os sistemas de detecção são sistemas que detetam anomalias nos componentes e alertam o colaborador da ocorrência da mesma. Exemplo deste tipo de *Poka-Yoke* são os sistemas de visão que, através de camaras, comparam a imagem do componente com uma imagem padrão alertando os colaboradores da ocorrência.

#### **2.4 Avaliação de risco ergonómico *Golden Zone / Strike Zone***

A avaliação de risco ergonómico *Golden Zone / Strike Zone*, GZ/SZ, é uma ferramenta que permite ter uma perceção do esforço efetuado pelo colaborador para alcançar os componentes na disposição dos mesmos no posto de trabalho ou no manuseamento de cargas. Esta avaliação é muitas vezes usada nos processos de melhoria contínua nomeadamente na redução do tempo de ciclo de um posto de trabalho assim como na melhoria das condições ergonómicas do mesmo posto.

A zona dourada, também designada por *Golden Zone* é a área ideal para o operador alcançar o material no plano horizontal com uma taxa de esforço menor. A zona de impacto, também designada por *Strike Zone*, é a área ideal para o operador alcançar o material no plano vertical com uma taxa de esforço menor. Existe uma correlação direta entre a distância das peças e o tempo necessário para a operação.

A Figura 12 mostra a representação gráfica da *Golden Zone* e da *Strike Zone* de um posto de trabalho.

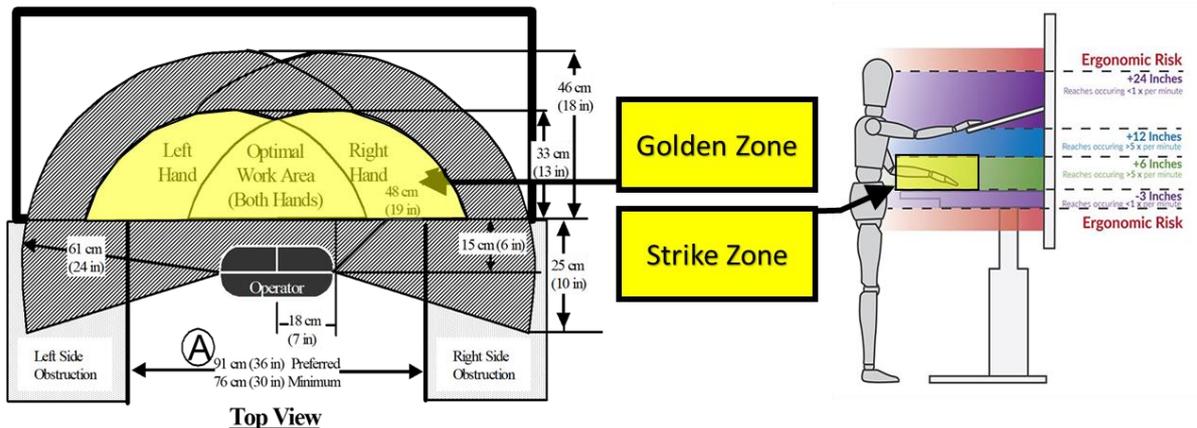


Figura 12 – Representação gráfica de *Golden Zone* e *Strike Zone*  
(Fonte: (Academy, 2008))

O método de avaliação consiste na sobreposição de uma grelha sobre uma foto do posto de trabalho tirada num plano superior. A Figura 13 apresenta um exemplo de uma avaliação *Golden Zone* de um posto de trabalho.

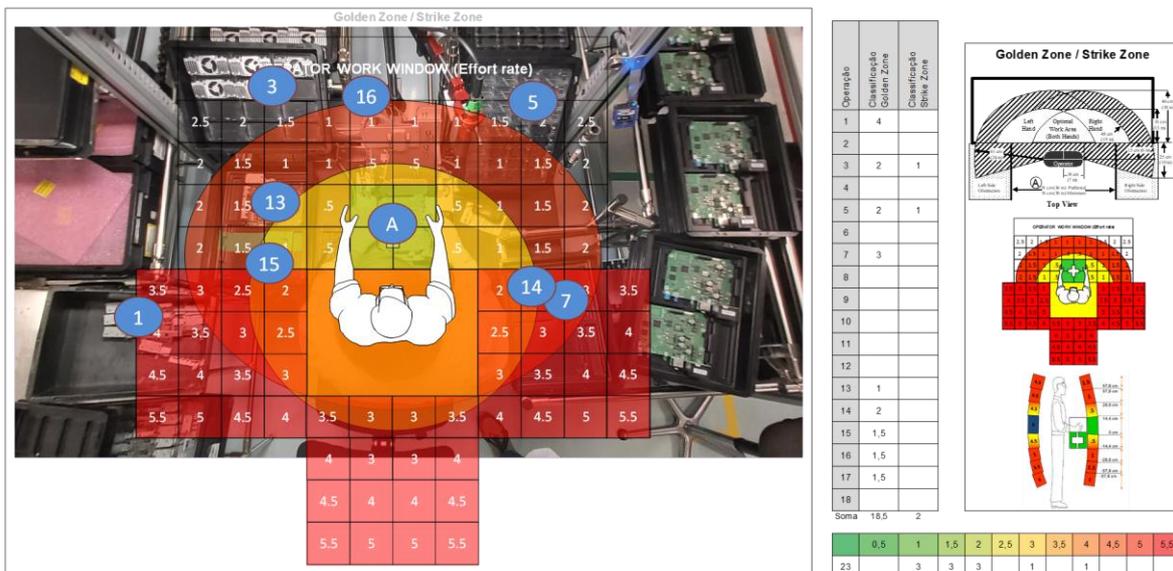


Figura 13 – Exemplo de uma avaliação *Golden Zone* / *Strike Zone*

Neste processo de sobreposição deve-se ter o cuidado de dimensionar a grelha para que represente a dimensão real do posto de trabalho. De seguida são colocados sobre a grelha uns marcadores numerados que indicam o número da operação na sequência de trabalho do operador. A posição destes marcadores deve indicar a posição onde se encontram os materiais. Posteriormente são criadas duas tabelas com a informação recolhida. A primeira tabela indica a taxa de esforço que o colaborador efetua para alcançar os materiais no plano horizontal, Golden Zone, e no plano vertical, Strike Zone, para cada

operação. A segunda tabela apresenta um resumo dos dados da tabela anterior, indicando o número de ocorrências das diversas taxas de esforço. Esta segunda tabela facilita a visualização das ocorrências que estão fora do limite aceitável. É importante referir que uma pontuação igual ou superior a dois representa um risco de lesões musco esqueléticas a médio e longo prazo.

## 2.5 Indicadores de desempenho

Atualmente é impensável pensar em produção sem falar em indicadores chave de desempenho, *Key performance Indicators* (KPI), em inglês. Estes KPI são a forma de medir se um processo produtivo está a operar dentro do expectável. Os KPI são uma forma de verificação por parte das organizações se estas estão a progredir na direção correta e alinhada com os objetivos traçados (Bhatti, Awan, & Razaq, 2014). Gosselin (2005) refere que os indicadores de desempenho e qualidade são os valores físicos que são usados pelas organizações para medir, comparar e gerir a performance organizacional.

### 2.5.1 KPI Produtividade

A produtividade mede a eficiência do processo produtivo através da análise dos recursos utilizados e resultados obtidos num processo produtivo. A “Quantidade” representa o número de peças produzidas, o “Tempo” representa o tempo despendido para produzir essa quantidade e “Recursos” representa a quantidade de operadores utilizados para produzir a mesma quantidade. Normalmente a produtividade é apresentada em unidades por hora por operador.

$$\text{Produtividade (Uni./hora * oper.)} = \frac{\text{Quantidade}}{\text{Tempo * Recursos}}$$

### 2.5.2 KPI Eficiência Operacional – *Operational Efficiency* (OE)

O KPI Eficiência Operacional representa a relação entre o tempo expectável para produzir um determinado número de peças e o tempo disponível para o mesmo. O “Tempo de ciclo” representa o tempo expectável para execução de um conjunto de operações, a “Qt. peças Produzidas” representa a quantidade de peças produzidas e “Tempo Disponível” representa o tempo utilizado para produzir essa quantidade de peças. O valor de eficiência operacional é apresentado em percentagem e representa a taxa de ocupação dos recursos utilizados num processo produtivo.

$$\text{Eficiencia Operacional (\%)} = \frac{\text{Tempo de ciclo * Qt. peças Produzidas}}{\text{Tempo Disponível}} * 100$$

### 2.5.3 KPI Taxa de Rejeição – *First Time Quality* (FTQ)

O indicador Taxa de Rejeição é um indicador de qualidade. Representa a qualidade de um processo produtivo. É calculado através do rácio entre o número de peças rejeitadas e o número de peças produzidas num determinado processo produtivo. Na Aptiv a taxa de rejeição é denominada por FTQ. O FTQ é muitas vezes apresentado em partes por milhão devido aos seus valores reduzidos.

$$FTQ (ppm) = \frac{\text{Quantidade de peças rejeitadas}}{\text{Quantidade de peças produzidas}} * 1000000$$

### 2.5.4 KPI Refugo – *Scrap*

O KPI Refugo, *Scrap* em inglês, representa os produtos rejeitados no processo produtivo que não são passíveis de recuperação. São literalmente os produtos que vão para o lixo. O valor de refugo pode ser apresentado de diversas formas, percentagem de peças de refugo em relação à quantidade de peças produzidas, percentagem do valor de refugo em relação ao valor de vendas, ou simplesmente valor monetário do refugo. A “Quantidade de peças de Refugo” representa o número de peças não recuperadas e a “Quantidade de peças produzidas” representa o total de unidades produzidas.

$$Scrap (\%) = \frac{\text{Quantidade de peças de Refugo}}{\text{Quantidade de peças produzidas}} * 100$$

### 3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo é feita uma pequena apresentação do grupo Aptiv. Mais detalhadamente, a unidade de produção situada em Braga onde decorreu a presente dissertação. Será apresentado um breve resumo da história desta unidade fabril desde a sua implantação.

Também é apresentada uma pequena descrição dos produtos, dos clientes e das áreas produtivas que compõem esta unidade de produção.

#### 3.1 APTIVPORT SERVICES, visão global

O grupo Aptiv é um dos maiores grupos empresariais produtores de componentes eletrónicos para a indústria automóvel. Com sede em Dublin na Irlanda, este grupo está presente em cerca de 45 países com centros de desenvolvimento, unidades de produção e centros de suporte técnico. Atualmente o grupo conta com mais de 147 000 colaboradores em 109 unidades de produção e 14 centros técnicos.

O grupo está organizado em dois segmentos funcionais: *Signal & Power Solutions* e *Advanced Safety & User Experience*. A Figura 14 apresenta uma pequena descrição do âmbito destes dois segmentos.

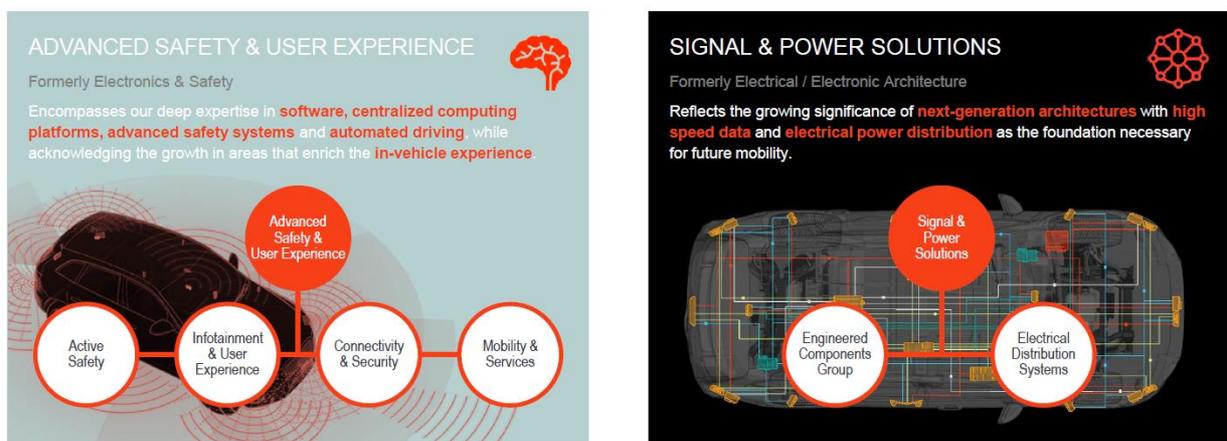


Figura 14 – Segmentos funcionais Grupo Aptiv  
(Fonte: Apresentação da empresa Aptiv (2019))

Estes segmentos estão presentes em 33 localizações distribuídos por centros técnicos e instalações de produção de componentes. Em Portugal o grupo está presente com um centro técnico em Lisboa e duas unidades fabris, uma em Castelo Branco e outra em Braga. A unidade de produção situada em Braga está integrada no segmento *Advanced Safety & User Experience*.

## 3.2 APTIVPORT SERVICES, S.A

A empresa Aptiv situada em Braga tem mais de 50 anos de existência. Foi no ano de 1965 que o Sr. Max Grundig decidiu instalar na cidade de Braga uma unidade de produção de recetores de rádio, sendo o Transonette 21 o primeiro rádio produzido em Braga. A empresa teve franco crescimento chegando a ter 10 edifícios dedicados ao desenvolvimento, à logística e à produção de sistemas de receção de rádio para a indústria automóvel, sistemas de áudio e produção de televisores. Em 2003 o grupo Delphi comprou parte da unidade de produção de sistemas de receção e área de *displays* para a indústria automóvel. Com a vinda do grupo Delphi, também houve uma forte implementação de filosofias *Lean* junto dos seus colaboradores, tornando a unidade de produção de Braga capaz de competir com as suas congéneres europeias dentro e fora do grupo Delphi.

Em 2017 o grupo Delphi separou-se em dois grupos empresariais, o grupo DELPHI TECHNOLOGIES e o grupo APTIV.

### 3.2.1 Clientes, gama de produtos, e produtos

A APTIVPORT SERVICES, S.A tem como clientes algumas das mais prestigiadas marcas do sector automóvel. Cerca de 95% da produção produzida em Braga destina-se ao mercado europeu sendo os restantes 5% distribuídos por países como Japão, China, México, Argentina e Estados Unidos. A Figura 15 mostra os principais clientes e a linha de produtos associada a cada um.

Customer	Product Line	Customer Portfolio
AUDI 	Infotainment	
VW 	Infotainment	
PORSCHE 	Infotainment User Experience	
PSA OPEL    	Infotainment User Experience Connectivity & Security	
FIAT GROUP  	Infotainment User Experience	
VOLVO TRUCK 	Infotainment	
VOLVO CARS 	Infotainment User Experience	
GM 	Infotainment User Experience	

Figura 15 – Portfólio de produtos por cliente.  
(Fonte: Apresentação da empresa Aptiv (2019))

### 3.2.2 Instalações e recursos

A Aptiv em Braga conta com cerca de 900 colaboradores sendo aproximadamente 600 dedicados à área produtiva.

Atualmente, a APTIVPORT SERVICES, S.A é composta por quatro edifícios representados na Figura 16 ocupando cerca de 33 mil metros quadrados de área no complexo onde está situada. O edifício 1 e o edifício 2 contém áreas produtivas com cerca de 10000 metros quadrados de área cada um. O edifício 3 está dedicado ao armazenamento de materiais volumosos e o edifício 4, ao desenvolvimento de novos produtos.



Figura 16 – Vista aérea do complexo e localização dos edifícios Aptiv.  
(Fonte: Apresentação da empresa Aptiv (2019))

O edifício 1 está dedicado à produção de componentes eletrónicos. O edifício 2 está dedicado à produção de peças plásticas, à montagem final de componentes eletrónicos com baixo volume de produção, (*low runners*) e produtos de *Connectivity & Security*.

A produção de componentes eletrónicos é efetuada através de vários processos produtivos diferentes que podem ser agrupados em quatro áreas de intervenção distintas.

- Área de produção de peças plásticas
- Área de montagem automática de componentes SMT (*Surface Mount Technology*)
- Área de montagem manual de componentes THT (*Trough Hole Technology*), também designada por área CBA, (*Circuit Board Assembly*)
- Área de montagem final, FA (*Final Assembly*)

A área de produção de peças plásticas está dividida em três áreas de produção: a Injeção, a Pintura e a Montagem Final Plásticos. Os tipos de trabalho nestas três áreas prendem-se com a injeção, pintura e

consequente montagem/preparação de todos os componentes plásticos necessários para o produto final.

Na área de montagem automática procede-se à inserção automática de componentes SMT. Esta área está dividida em três áreas de produção distintas: a programação de circuitos integrados e marcação a laser, as linhas de montagem de componentes SMT e as linhas de inspeção raio-x. As linhas de inspeção raio-x são específicas para inspeção de soldadura de componentes com encapsulamento BGA (*Ball Grid Array*). A Figura 17 apresenta um componente com este tipo de encapsulamento.



Figura 17 – Encapsulamento tipo BGA  
(Fonte <https://www.infineon.com/cms/en/product/packages/PG-BGA/PG-BGA-416-24/>)

A área de montagem manual de componentes é a área onde se completa a montagem e soldadura dos componentes, que não são possíveis colocar na área de montagem automática, devido as suas características físicas. A Figura 18 mostra uma das diferentes formas de distinguir estes dois tipos de componentes. Esta área contém quatro famílias de processos, o *In Circuit Test*, linhas de montagem de componente THT, corte e pré-montagem.



Figura 18 – Comparação entre tecnologias SMT e THT  
(Fonte: <http://www.spazztech.net/resistors.html>)

A área da montagem final compreende três processos distintos: a montagem propriamente dita, teste/programação e controlo de qualidade, e embalagem final. No processo de montagem final são realizadas as últimas operações de montagem colocando o produto no seu estado físico final, pronto para ser entregue ao cliente. Este processo pode ser constituído por vários subprocessos dispostos em linha ou desacoplados. No processo de teste/programação e controlo de qualidade são executados testes funcionais elétricos e mecânicos, de acordo com as especificações do cliente. É neste processo que são programados através de *software*, os parâmetros solicitados pelo cliente. No processo de embalagem, o produto é acondicionado de acordo com os requisitos do cliente final. O mesmo produto pode ter vários clientes e correspondentes requisitos de embalagem.

### 3.2.3 Gestão do processo produtivo

O sistema de gestão do processo produtivo implementado na área produtiva é um sistema *Pull*, ou seja: os produtos são produzidos mediante as necessidades dos clientes. As encomendas são colocadas no sistema MRP, *Material Requirements Planning*, gerando necessidades de expedição de produtos em datas específicas. Através destas necessidades de expedição, é elaborado um plano de produção aplicado à área de montagem final, que por sua vez, gera necessidades de matéria-prima ou subprodutos nas áreas antecessoras do processo produtivo e assim sucessivamente, até serem encomendadas todas as matérias-primas a fornecedores externos à empresa.

### 3.2.4 Processo de melhoria contínua na Aptiv

A Aptiv tem integrado no seu processo de melhoria contínua a realização de *workshops* denominadas de *Baseline Event*. Esta *workshop* tem periodicidade anual e são a base para a geração de ideias de melhoria nos projetos mais relevantes da empresa.

Estes eventos consistem na realização de atividades de identificação de oportunidades de melhoria, contínua com a participação de várias equipas multidisciplinares compostas por elementos de vários departamentos.

Normalmente, este tipo de eventos tem uma duração de três a quatro dias onde são revistos os VSM dos produtos com maior volume de produção.

Os eventos seguem sempre a mesma metodologia e são realizados no edifício 4, fora das áreas habituais de trabalho dos membros das equipas. Estes eventos são compostos pelas seguintes cinco fases:

- Seleção do tema e definição de equipas
- Observação do processo produtivo e desenho do VSM do estado atual
- Análise crítica e geração de ideias
- Desenho do VSM do estado desejado
- Priorização das ideias e calendarização

A primeira fase, consiste na seleção do tema e na definição das equipas, e é sempre realizada pela equipa de gestão da Aptiv.

Na segunda fase, as equipas vão para o *Gemba* recolher a informação necessária para desenhar o VSM do estado atual. Enquanto recolhem os dados para desenhar o VSM do estado atual, as equipas

observam os processos produtivos com o intuito de identificar desperdícios ou oportunidades de melhoria que nem sempre são visíveis através da análise do VSM.

Após desenhado o estado atual e respetivos indicadores, o grupo dá início à fase três do processo de melhoria contínua, a análise crítica e geração de ideias. Através do método de *brainstorm* são anotadas no VSM as ideias geradas, também designadas por *Kaizen Burst*. Posteriormente é criada uma tabela com a descrição das mesmas.

A quarta fase deste processo consiste em desenhar o VSM do estado desejado tendo em consideração a análise crítica efetuada anteriormente.

A quinta fase consiste em separar estes *Kaizen Burst* em categorias e definir prioridades. Os *Kaizen Burst* são classificados em três diferentes categorias, *Just do It*, *Kaizen workshop* e Projeto.

- As ideias do tipo *Just do It* são as ideias cuja implementação pode ser realizada num prazo de um a dois dias e a sua implementação é fácil.
- As ideias classificadas como *Kaizen workshop* são as ideias cuja implementação é mais complexa e requer algum trabalho preparatório de uma equipa mais alargada. Estas atividades tem a duração de uma a duas semanas com um grupo multidisciplinar de várias áreas da fábrica.
- Por último, as ideias classificadas como Projeto são as ideias que exigem uma execução mais alargada no tempo, entre três e seis meses. Normalmente este tipo de ideias requer alterações mais profundas nos processos.

De forma a ajudar à classificação destas ideias, é usada uma matriz de avaliação do impacto e do esforço para a sua implementação. Após realizada esta avaliação procede-se à priorização destes *Kaizen Burst* através do funil de prioridades representado na Figura 19. Após esta priorização, são designados os responsáveis e definidas datas para a resolução dos problemas encontrados.

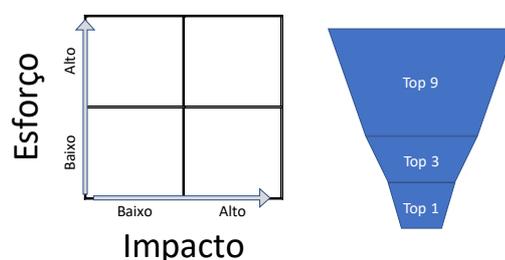


Figura 19 – Matriz de Avaliação de Impacto vs Esforço e Funil de Prioridades

## 4. ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DO PROCESSO PRODUTIVO

Este projeto de dissertação foi efetuado nas áreas de CBA e FA do edifício 1 envolvendo o produto M. Neste capítulo, será feita uma breve descrição do produto e também uma descrição detalhada do fluxo de materiais e dos processos produtivos deste produto nestas áreas, assim como uma análise crítica ao estado inicial dos processos produtivos a que este projeto faz referência.

### 4.1 Apresentação do produto

O produto M faz parte da família de produtos de informação e entretenimento. Esta família de produtos tem esta designação porque faz a gestão da informação captada pelos vários módulos eletrónicos do veículo e apresenta essa informação ao condutor através dos *displays* nele existentes. Na gestão da informação, é possível destacar a informação dos sistemas de navegação, a informação de câmaras e sensores exteriores do veículo, entre outras informações. Estes módulos também contêm funções de entretenimento como receção rádio, gestão de sistemas de áudio e conexão com interfaces externos como o telemóvel ou internet.

Este produto é considerado um produto de alto volume de produção, equipando várias plataformas de veículos no cliente. Este produto tem em média uma produção diária de 5800 peças distribuídas por cerca de 178 variantes. Esta variedade de produto final resulta não só da diversidade de plataformas onde é aplicado, mas também dos diversos mercados a que o produto se destina.

Todos os componentes referidos na vista explodida do produto, representada na Figura 20, são comuns, com exceção da Placa MMX, da placa RSC, da Parede traseira e da Blenda. Estes quatro componentes variam mediante a plataforma onde é aplicado o produto. Entenda-se por plataforma, o tipo de veículo onde é aplicado o produto.

O componente Blenda só é aplicado nas variantes destinadas ao mercado chinês e é composto por duas versões.

Das 178 variantes é possível destacar a existência de 15 Placas MMX e 51 placas RSC mecanicamente diferentes quanto à inserção de componentes SMD, *Surface Mounted Device*, na área de SMT. A estas diferentes plataformas, acresce a componente *software*, que resulta em 32 placas MMX e 83 placas RSC.

Existem 17 paredes traseiras diferentes. Esta variedade resulta da combinação dos conetores existentes nestas placas para ligação a periféricos externos como câmaras, *displays* e sensores existentes no veículo.

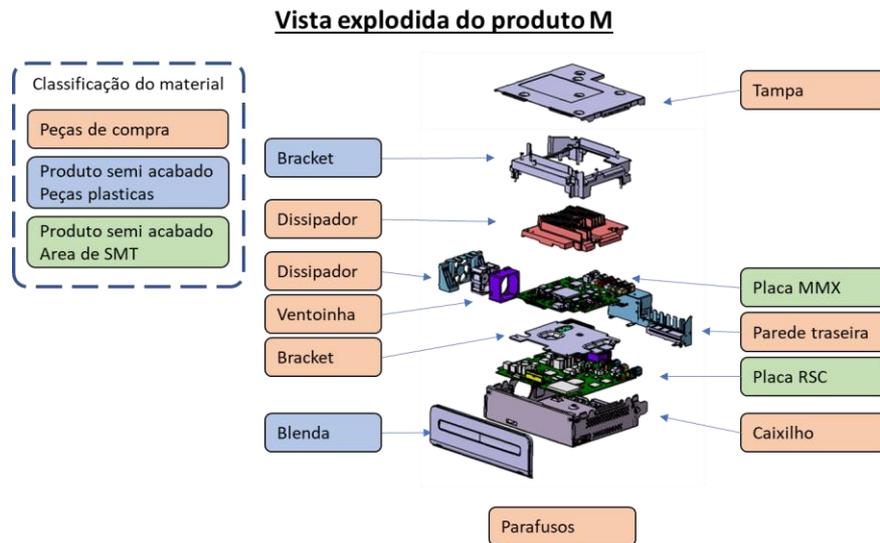


Figura 20 – Vista explodida e lista de materiais

## 4.2 Fluxo de produção e de materiais

O produto M é o produto com maior volume na fábrica de Braga representando quase 50% do volume de produção de produtos deste segmento. Os seus processos produtivos encontram-se maioritariamente no edifício 1 e a sua área de implantação representa cerca de 40% da área produtiva deste edifício.

A diversidade de variantes deste produto com componentes diferentes entre si, obriga a um plano de produção bastante exigente e cuidado. Diariamente, a equipa de planeamento emite um plano de produção de acordo com as necessidades dos clientes e disponibilidade de materiais. Cada ordem de produção representa um lote. O tamanho de um lote de produção na Aptiv é definido pela quantidade de peças específicas que um contentor, *container* em inglês, tabuleiro ou caixa pode conter. No caso deste produto, o tamanho de um lote é definido pelo mínimo múltiplo comum da capacidade de cada unidade de transporte. As matérias-primas que são comuns a todas variantes do produto, não são tidas em consideração. A Tabela 1 apresenta a quantidade de componentes por unidade de transporte.

O planeamento e a movimentação de produto semiacabado entre processos e a movimentação das matérias-primas, são da responsabilidade da equipa de logística PC&L, *Production control and Logistics*. O abastecimento das estações de trabalho com os componentes necessários às operações de montagem e o respetivo planeamento da produção destas estações também são da responsabilidade desta equipa.

Tabela 1 – Quantidade de peças por unidade de transporte

Unidade de transporte	Qt. peças
<i>Container</i> de placas MMX	24
<i>Container</i> de placas RSC	8
Tabuleiro de placas MMX	2
Tabuleiro de placas RSC	2
Tabuleiro de Blendas	4
Caixa de produto acabado	6

$$MMC (24; 8; 2; 4; 6) = 24$$

Sendo o produto M um produto composto por duas placas que atravessam diferentes processos produtivos, e com tempos de ciclo diferentes nos processos comuns, um erro de planeamento numa estação intermédia ou um simples atraso na produção de um lote específico, geram automaticamente uma disrupção nos processos a jusante. Para evitar este tipo de disrupções, são criados pequenos armazenamentos ou *buffers* entre processos críticos para absorver este tipo de variações.

Ao longo do dia, são impressas as ordens de produção para cada posto de trabalho ou linha de montagem, tendo por base o plano de produção e as existências de materiais entre processos. Estas ordens de produção, ou manifestos, indicam o posto, o produto a produzir, a quantidade e os materiais necessários para produzir esse produto. A Figura 21 apresenta um exemplo de uma ordem de produção.

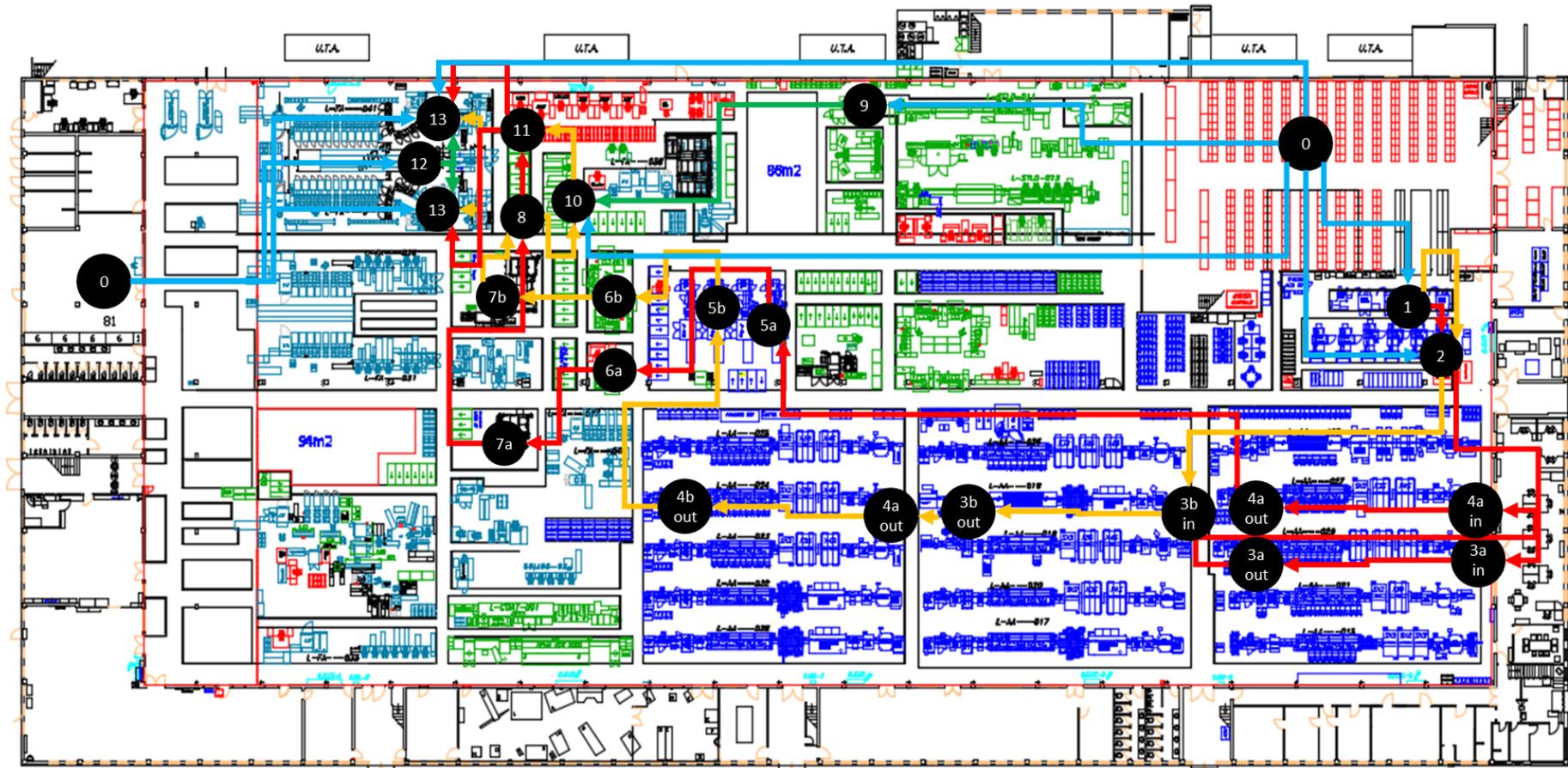
Sequência : 11  
 Nº Peça : 00002878  
 Qt: 24  
 Descrição : NAV, EU, DAB  
 Data: 11-at

**NOVO CAIXILHO / BRACKET**  
**( 28732 )**

Pst	PN	Descrição	Qty
VAR	00002826	SCREW M2.5X0.45X6 TT	R
VAR	00002825	SCREW M2.5X0.95X8 DP	R
1	00002845	GAP FILLER, THERMAL	R
TES	00000008	PRT RIB 104MM W BLK	24
TES	00002808	FITA P/IMPRESSORA-RI	24
TES	00002849	LABEL BLANK	24
TES	00002861	LABEL-SHIELDING MIB3	24
3	00002863	COVER-TOP-MIB3T	24
2	00002872	FRAME-ASM-RD0-MIB3T	24
2	00002873	BRACKET-S/A	24
2	00002873	HEATSINK-RSC-ASM	24
1	00002877	CIR BD ASM-M,P,MLBGT	24
2	00002878	PCB ASM-RSC,P,EKR,D.	24
TES	00002850	BAG-EXP-300X350X0.05	24

Figura 21 – Ordem de produção

A Figura 22 representa o fluxo de produção, a movimentação de produto semiacabado entre processos e a movimentação de matérias-primas no edifício 1



**Legenda:**

- Fluxo da placa MMX (a)
- Fluxo da placa RSC (b)
- Fluxo de pré montagens
- Fluxo de matéria prima

- |                             |                          |                         |
|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 0. Armazém de matéria prima | 5. Inspeção Raio-X       | 10. Pré-montagem RSC    |
| 1. Programação de IC        | 6. Teste ICT             | 11. Linha FIFO Montagem |
| 2. Marcação a laser         | 7. Milling               | 12. GF bracket          |
| 3. SMT1 parte inferior      | 8. Supermercado WIP      | 13. Montagem Final      |
| 4. SMT2 parte superior      | 9. Gap filler Dissipador |                         |

Figura 22 – Fluxo de produção e de matérias no edifício 1

## 4.3 Processo produtivo do produto M

### 4.3.1 Injeção e montagem de peças plásticas

#### Processo de injeção

O processo produtivo deste produto tem início na área de plásticos com a injeção da blenda e a injeção da *bracket*. Existem dois modelos de blendas mecanicamente diferentes na sua dimensão exterior. Este subproduto não é identificado através de etiqueta ou código. As suas diferenças mecânicas são suficientes para que através de um sistema de visão se possa distinguir e garantir a correta aplicação no produto final. A *bracket* é um produto único com aplicação em todos os modelos do produto.

#### Pré-montagem da *bracket*

A *bracket* tem associada à máquina de injeção um posto para aparafusar um dissipador metálico à peça plástica. Este subproduto, ao contrário da Blenda, é identificado através de uma etiqueta com um código linear com a informação do número de peça do componente, um número de série sequencial e a data juliana, formando assim um código único para cada peça. No sistema de informação também são registados dados relativos ao aparafusamento para posterior rastreabilidade. A Figura 23 representa a sequência de produção na área de plásticos. De realçar que os processos inseridos no retângulo a tracejado estão acoplados ou interligados por sistemas de tapetes de transporte.

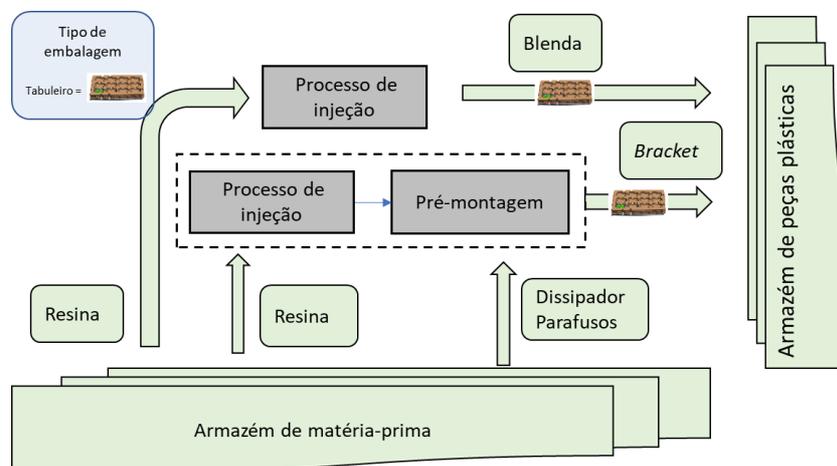


Figura 23 – Sequência de produção na área de plásticos edifício 2

### 4.3.2 Processos na área de eletrónica

#### Processo de marcação a laser

O processo produtivo das placas de circuito impresso no edifício 1 tem início nas máquinas de marcação a laser. Em cada placa são gravados dois QRC, *Quick Response Code*, um em cada lado. Estes códigos são utilizados ao longo do processo produtivo para identificação e rastreabilidade do produto.

## Processo de programação de IC

Em paralelo, decorre a programação de circuitos integrados comumente denominados por IC, *integrated circuit* em inglês. Esta programação ocorre num estado inicial do componente para evitar programações mais prolongadas após os IC estarem montados nos PCB, *Printed Circuit Board*.

## Linha de montagem SMT

O processo seguinte nesta área é a linha de montagem de componentes SMT. Neste processo e para este produto, são utilizadas linhas de alta velocidade com capacidade de colocação entre 80000 e 140000 componentes por hora, dependendo do tipo de componentes e da sua forma física. Os PCB têm duas passagens pelas linhas de SMT. Uma primeira passagem para colocação dos componentes da parte inferior, também designada por primeiro *reflow* ou primeira fase, e uma segunda passagem para colocação dos componentes da parte superior, designada por segundo *reflow* ou segunda fase.

## Linha de inspeção raio-x

Após a inspeção visual surge a inspeção através de raio-x. Os PCB são transportados entre os processos em *containers*. A Figura 24 representa a sequência de produção na área de SMT.

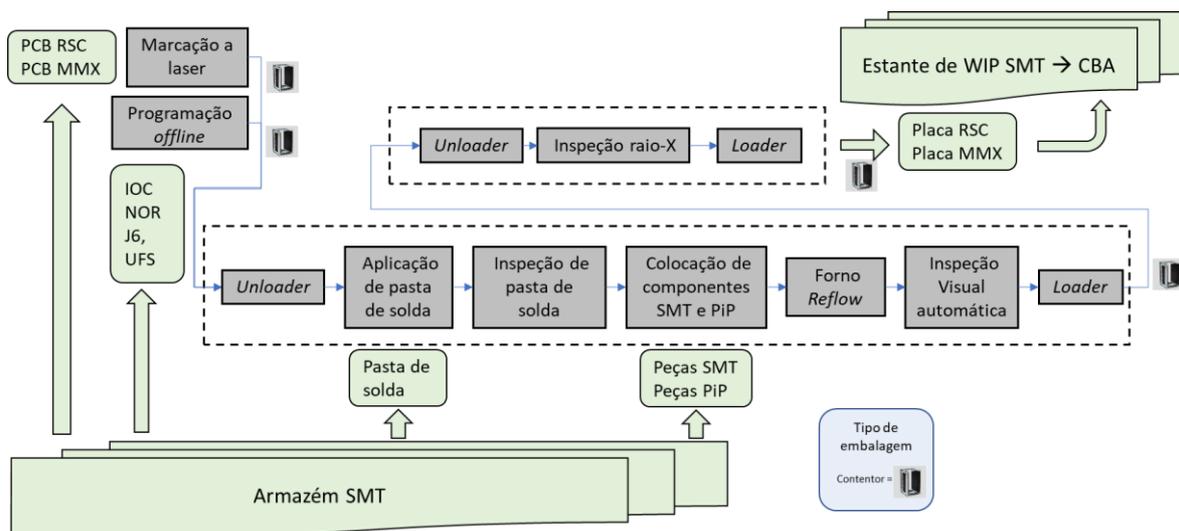


Figura 24 – Sequência de produção na área de SMT

## Sistema de teste *In Circuit Test*

Após a inspeção de raio-x, os *containers* com as placas são colocados em rampas para o processo seguinte, o ICT, também designado por *In Circuit Teste*. Este armazenamento é necessário para absorver a variação do fluxo de produção devido ao desfaseamento entre turnos das áreas de SMT e CBA. Enquanto na área de SMT as placas são fornecidas aos equipamentos através de *conveyors*, na área de ICT as placas são manuseadas por operadores. Para cada sistema de teste ICT o colaborador tem na sua área

de trabalho um *container* onde retira a placa a testar, e um *container* onde coloca o produto já testado com resultado OK. O facto de existirem dois *containers* na área de trabalho ajuda o colaborador a perceber qual é o produto que está para testar e qual é o produto que já foi testado. No caso de haver produto não conforme, este é colocado num terceiro *container* situado no lado oposto e enviado para análise.

### **Processo de corte**

O processo seguinte é o corte do bordo usado para sustentação das placas nos *conveyors* das linhas de SMT e raio-x. Este processo também é designado por *Depaneling* ou *Milling*. Após este processo, as placas são colocadas automaticamente em tabuleiros e identificadas com o número de peça que representam. As placas MMX são colocadas diretamente nas estantes de WIP, *Work in Process*, para a montagem final enquanto as placas RSC são alvo de uma pré-montagem antes de serem colocadas nesta estante.

### **Processo *Gap Filler* CBA**

No processo *Gap Filler* CBA é aplicada uma pasta térmica do dissipador que posteriormente é enviado para o posto de pré-montagem da placa RSC. Esta pasta térmica denominada *Gap Filler*, é composta por dois produtos químicos que são misturados na hora da aplicação. O *Gap Filler* tem um tempo de secagem de seis horas pelo que, o componente onde foi aplicado a pasta térmica tem de ser montado no processo seguinte, antes de quatro horas após a sua aplicação. Cada dissipador está identificado com um código QRC com o número de peça e um número de série. Esta identificação única é utilizada para rastreabilidade do produto e serve também para contabilizar o tempo entre a aplicação do *Gap Filler* e a sua utilização no posto seguinte.

### **Pré-montagem da placa RSC**

A pré-montagem da placa RSC consiste em associar a cada placa RSC a parede traseira correspondente. A parede traseira é fixada à placa RSC através da dobragem de pinos de fixação. Na pré-montagem também é aparafusado o dissipador proveniente do posto *Gap Filler* CBA à placa RSC.

A Figura 25 representa o fluxo e sequência de produção na área de CBA.

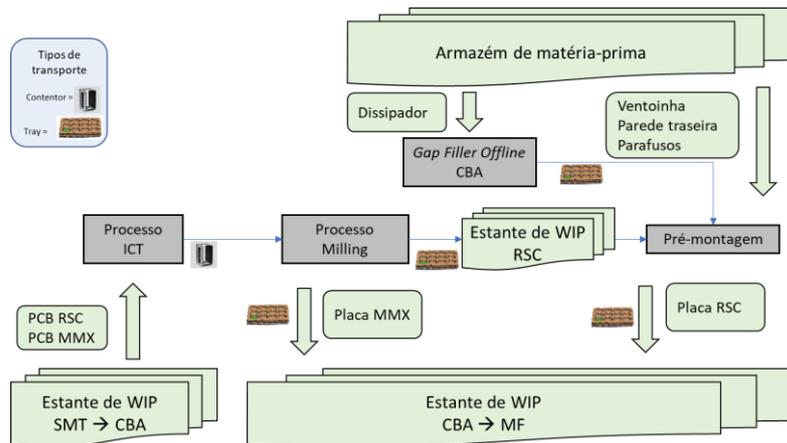


Figura 25 – Sequência de produção na área de CBA

A área de montagem final contém as últimas etapas do processo produtivo. Esta área está dividida em duas subáreas: a área de montagem e a área de testes e embalagem. Na área de montagem executa-se a agregação dos componentes já mencionados com um dissipador, um caixilho e uma tampa, através do processo de aparafusamento, formando assim o produto final. Na área de testes são verificados os requisitos do cliente e as funcionalidades, através de sistemas de teste elétrico e ou visual. Nesta área também é embalado o produto para posterior envio para cliente.

### **Gap Filler da Bracket**

No posto de *Gap Filler* da *Bracket* é aplicada pasta térmica na *Bracket* proveniente da área de plásticos. Da mesma forma, também neste processo é registada a hora da aplicação da pasta térmica para rastreabilidade e contabilização do tempo de secagem, à semelhança do processo *Gap Filler* de CBA. Posteriormente, as *brackets* são colocadas em tabuleiros e transportadas para a linha de montagem final.

### **Linha de montagem Final**

A linha de montagem final é composta por quatro postos.

O primeiro posto é um *robot* de aparafusamento automático que junta a *bracket* proveniente da área de plásticos, a placa MMX e um dissipador através do processo de aparafusamento. Este *robot* coloca sete parafusos no conjunto, de forma a garantir a integridade desse conjunto e possível manuseamento. Terminado este processo, o conjunto é colocado diretamente no segundo posto, o posto de *Gap Filler inline*. No terceiro posto é colocado o conjunto com pasta térmica proveniente do segundo posto, a placa RSC e o caixilho. À semelhança do primeiro posto, também são colocados parafusos para permitir que o conjunto possa ser manuseado sem comprometer a integridade do mesmo. No quarto posto são colocados uma tampa e os restantes parafusos que completam o processo de montagem.

Após completadas todas as operações de montagem, é aplicada uma etiqueta na tampa, para identificação do produto através dos restantes processos, e este é colocado num *conveyor* que o transporta para o posto de programação MOL, *Middle of Line Programming*.

### **Programação MOL**

No posto de programação MOL, o produto recebe o *software* final para o seu correto funcionamento. O sistema identifica o produto verificando o número de série previamente memorizado na memória do aparelho no posto de programação *offline* e programa o conjunto com o restante *software* necessário para o correto funcionamento do aparelho. Compreenda-se por *software*, o sistema operativo, mapas, logotipo da marca e outras especificações de acordo com o modelo. Após terminado o processo de programação, o produto é colocado num *conveyor* que faz o transporte para o processo de Teste EOL, *End of Line Tester*.

### **Testes EOL**

Na área de testes EOL, são realizadas as últimas operações de afinação do produto e verificação de funcionalidades requeridas pelo cliente a nível elétrico. Cada sistema está dotado de um leitor de códigos QRC que identifica o produto e efetua os testes de acordo com o modelo a ser testado. Posteriormente, o produto é colocado novamente em *conveyors* que o transportam para o posto seguinte, a montagem da blenda e teste CMI.

### **Montagem da Blenda + Teste CMI**

No posto de montagem da blenda + CMI é colocada uma blenda mediante o modelo. O teste CMI, *Customer Mechanical Interface*, é um teste de visão que verifica todas as características mecânicas visuais do produto de acordo com o modelo. Neste teste são verificados todos os aspetos visuais do ponto de vista do cliente sempre que este recebe o produto, como por exemplo, a existência de parafusos, a correta montagem e encaixe das peças metálicas e da blenda, a posição da etiqueta identificadora do produto, e a adequação dos conetores que posteriormente farão a ligação ao automóvel e respetivas cores.

### **Embalagem**

O último passo do processo produtivo é a embalagem. Neste posto, o aparelho é colocado em caixas e posteriormente colocado em paletes de transporte. Mediante o produto que está a ser embalado, o sistema indica a caixa a ser utilizada de acordo com o cliente final. Existem 13 embalagens diferentes para as 178 versões do produto M. Posteriormente, as paletes são enviadas para o armazém de produto acabado.

A Figura 26 representa o fluxo e sequência de produção na área de Montagem Final.

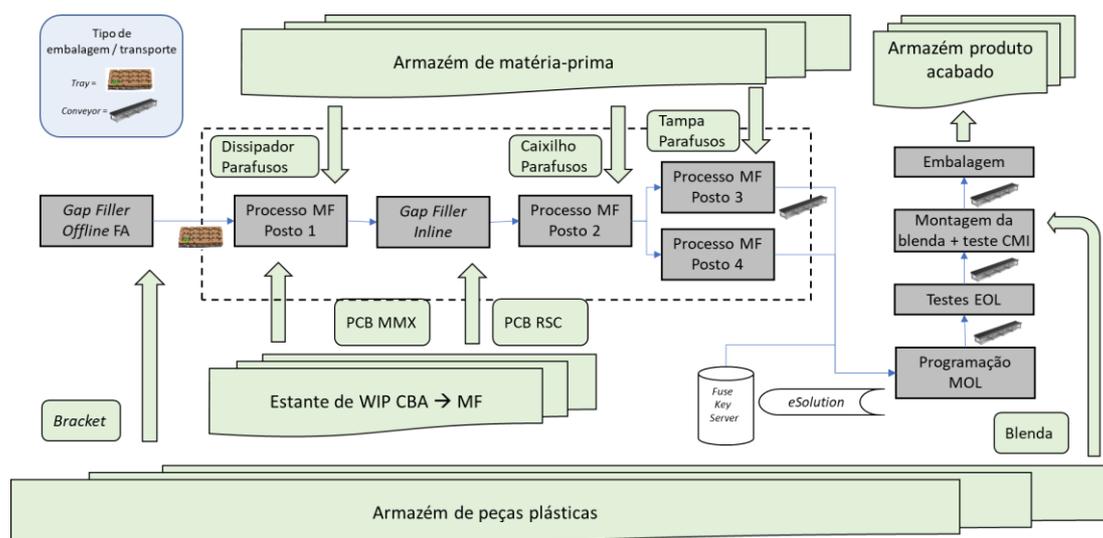


Figura 26 – Sequência de produção na área de Montagem Final

#### 4.3.3 Sistemas à prova de erro *Poka-Yoke*

De forma a evitar erros de fabrico e eventuais paragens do processo produtivo, as estações de trabalho estão ligadas ao sistema de informação da fábrica. Este sistema gere a sequência de produção dos produtos e recebe a informação de operações críticas efetuadas durante o processo. Este registo é feito através da leitura do código QRC que identifica o componente, e fica associado ao produto ou subproduto que está a ser montado num ficheiro informático chamado “histórico”.

Todos os componentes estão dotados de um código QRC que identifica o componente ou de um *poka-yoka* mecânico que o distingue entre os outros componentes similares.

Sempre que é iniciado o processo de montagem, o operador regista a ordem de produção lendo o código nela existente. A ordem de produção identifica o produto a produzir e a quantidade necessária. Para os componentes com código QRC, a estação verifica no sistema de informação se o processo a montante foi concluído com sucesso. Esta verificação é normalmente denominada de *Prior Step Verification*. Durante o processo de montagem do conjunto também é verificado se é o componente correto para o produto desejado através da leitura do código QRC nele existente. Para os componentes que não tem um código QRC, ou para operações críticas, são utilizados sensores mecânicos ou sensores óticos que alertam o operador para a existência do potencial erro. A Figura 27 mostra alguns exemplos destes mecanismos e a sua integração num dispositivo de apoio à montagem usado no processo produtivo. Após concluídas as tarefas de montagem do posto de trabalho, é registado no ficheiro “histórico” o estado do produto para que seja possível, nos postos a jusante do processo produtivo, a sua identificação e utilização. Também são registadas algumas características do processo de montagem. Por exemplo,

se no posto são colocados parafusos, o programa regista no “histórico” a força e o ângulo atingidos pela máquina de aparafusamento.

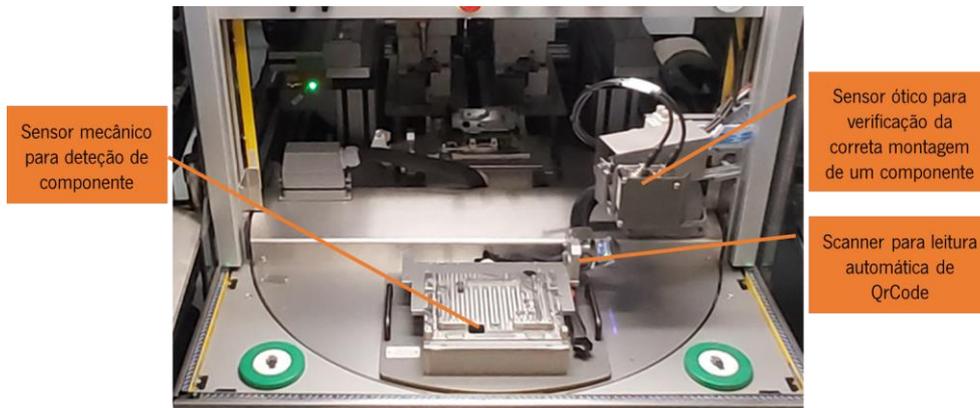


Figura 27 – Mecanismos *Poka-Yoke*

#### 4.4 VSM – Mapeamento da cadeia de valor

O mapeamento da cadeia de valor, como já referido anteriormente, fornece a base para o desenvolvimento de um plano de melhoria contínua.

Desta forma, e sob o tema *Value stream* do produto M, foi realizada um *Baseline Event* no qual o autor desta dissertação participou.

O primeiro dia deste *Baseline Event* foi dedicado ao desenho do estado atual do processo produtivo onde a equipa percorreu o processo produtivo efetuado pelos materiais, desde a chegada destes à Aptiv, até à saída como produto acabado. Em paralelo com a recolha de dados para o desenho do VSM do estado atual, os membros das equipas observaram os processos de forma a identificar desperdícios que nem sempre são visíveis através da análise de um VSM. Estas identificações de desperdícios foram partilhadas pela equipa e posteriormente foram alvo de investigação. Recolhidos todos os dados e depois de analisados pela equipa, procedeu-se ao desenho do VSM estado atual, aqui representado na Figura 28.

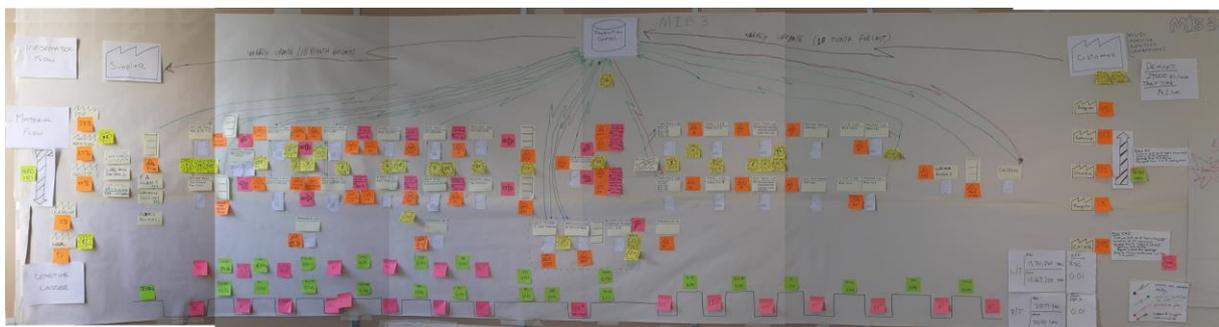


Figura 28 – VSM Estado atual

Através dos dados recolhidos do VSM foi possível calcular o tempo de processamento TP de cada processo assim como contabilizar o WIP entre os processos produtivos. Com estes dados foi calculado o tempo de atravessamento, o rácio de valor acrescentado e a eficiência do processo. A Tabela 2 mostra o resultado dos dados relevantes referentes ao processo produtivo.

Tabela 2 – Indicadores de desempenho do processo produtivo

Indicador de desempenho	Estado atual
Tempo de processamento (TP)	5,5 minutos
Tempo de atravessamento (TA)	7,25 dias
Rácio de valor acrescentado (RVA)	0,05%
Eficiência (%)	53,76%
Produtividade de processos dedicados (unidades / hora. operador)	13,35 uni / h.op

O tempo de processamento, TP, foi obtido através do somatório de todos os tempos de processamento de todos os processos produtivos. O gráfico representado na Figura 29 apresenta os diversos tempos de processamento de cada processo produtivo expresso em segundos. Desta forma o tempo de processamento total foi de 329 segundos o que representa cerca de 5,5 minutos.

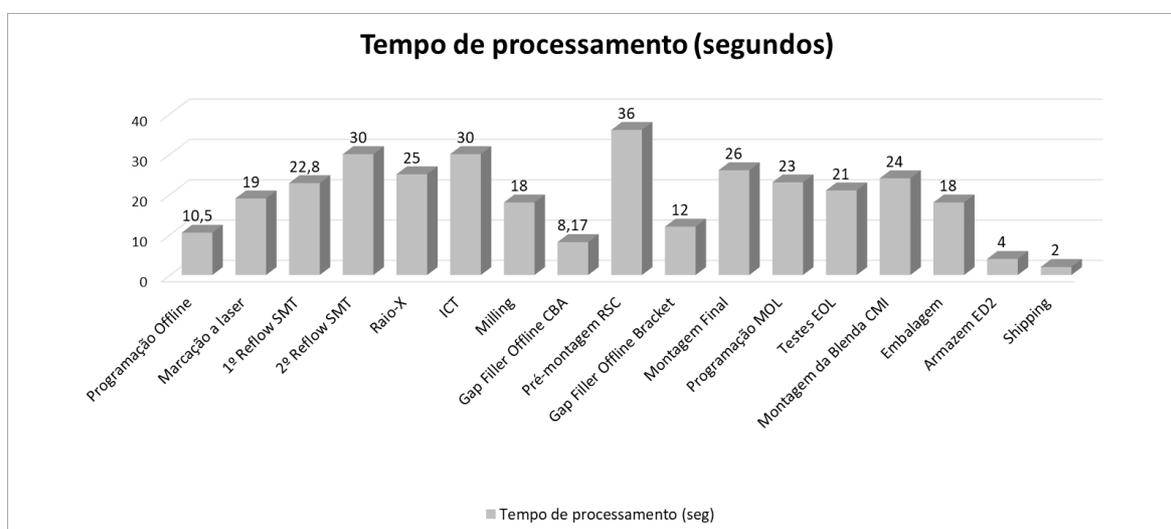


Figura 29 – Tempo de processamento dos processos produtivos (segundos)

O valor de WIP entre processos é transformado em horas através do cálculo efetuado com a seguinte equação:

$$WIP (dias) = \sum \frac{WIP (uni)}{Procura\ diaria}$$

Desta forma, assumindo os valores de WIP expresso em horas representados na Figura 30, foi possível calcular o valor do tempo de atravessamento, que foi de aproximadamente 173,962 horas representando 7,25 dias.

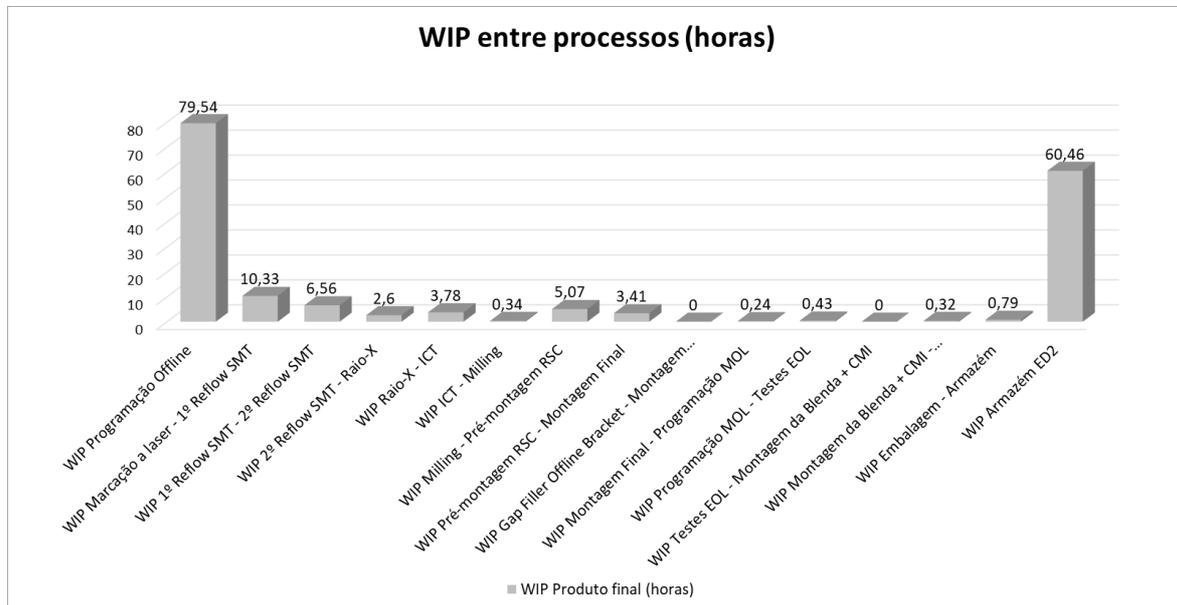


Figura 30 – WIP entre processos (horas)

Com estes dois valores foi possível calcular o rácio de valor acrescentado RVA.

$$RVA = \frac{TP}{TA} = \frac{330}{626262} \cong 0,05\%$$

Com o tempo de processamento também foi possível calcular a eficiência do processo produtivo.

$$\text{Eficiência (\%)} = \frac{TP}{TC * n^{\circ} \text{ de estações}} = \frac{329}{36 * 17} \cong 53,76\%$$

Um tempo de atravessamento de aproximadamente 7,25 dias, evidência falhas no fluxo produtivo. Estas falhas estão relacionadas com quantidades de stock intermédio elevadas. Uma redução do tempo de atravessamento implica uma melhoria do rácio de valor acrescentado. Também é importante reduzir os tempos de processamento através da eliminação de operações que não acrescentam valor ao produto final.

Os cálculos efetuados para obtenção do valor produtividade dos processos dedicados estão disponibilizados no Apêndice 1.

## 4.5 Identificação de problemas / oportunidades

Durante este evento e no processo de mapeamento da cadeia de valor foram identificadas oportunidades de melhoria ao longo da cadeia de valor. Destas oportunidades identificadas, é importante referir que esta dissertação faz referência apenas às oportunidades em que o autor esteve diretamente envolvido na sua deteção e posterior mitigação.

### 4.5.1 Processos com baixas taxas de utilização

Um dos primeiros passos alvo de análise após desenhado o VSM do estado atual foi a verificação se os processos têm capacidade de satisfazer a procura. Assim sendo, foi calculado o *Takt Time*. Para o cálculo do TT foi considerado o tempo disponível por turno de 8 horas, 23 minutos de paragens planeadas. Foi utilizado o valor de eficiência operacional de 96% que é o valor padrão utilizado pela Aptiv e uma procura diária de 5800 unidades. Embora a procura estivesse estável durante 2021, estava planeado um aumento da mesma nos anos seguintes, como demonstra a Tabela 3. Contudo o valor de referência tido em consideração nesta dissertação foram 5800 unidades por dia.

Tabela 3 – Evolução da procura

Anos	2021	2022	2023	2024	2025
Procura anual	1 392 000	1 776 000	1 776 000	1 480 000	592 000
Procura diária	5 800	7 400	7 400	6 167	2 467

A Tabela 4 apresenta os resultados do cálculo efetuado sendo que o Apêndice 2 apresenta os cálculos efetuados na obtenção destes dados.

Tabela 4 – Cálculo do *Takt Time*

Nº de turnos	Tempo disponível (seg)	Tempo de paragens planeadas (seg)	Tempo efetivo (seg)	Eficiência operacional	Tempo útil diário (seg)	TT (seg)
1	28800	1380	27420	96%	26323	4,5
2	57600	2760	54840	96%	52646	9,1
3	86400	4140	82260	96%	78970	13,6

Através do tempo de processamento de cada estação e da quantidade de estações que desempenham a mesma função, também foi possível obter a cadência de saída de cada grupo de estações, o tempo de ciclo do grupo ou, em inglês, *output*.

A Tabela 5 apresenta os tempos de processamento de cada grupo de estações, a quantidade de equipamentos instalados para cada grupo e o tempo de ciclo do respectivo grupo.

Tabela 5 – Tempos de ciclo por grupo de estações

	Gap Filler CBA	Pré-montagem RSC	Gap Filler da Bracket	Montagem Final	Programação MOL	Testes EOL	Montagem da Blenda CMI	Embalagem
Tempo de processamento (seg)	8,17	36	12	26	23	21	24	24
Quantidade de estações	1	3	1	2	2	2	2	2
Tempo de ciclo por grupo de estações (seg)	8,17	12	12	13	11,5	10,5	12	12

Comparando os tempos de ciclo de cada grupo de estações verificados no VSM do estado atual com o resultado do cálculo do *Takt Time*, foi possível verificar que todos os processos dedicados ao produto M tem capacidade de satisfazer a procura sendo necessário que trabalhem três turnos por dia. Também foi possível verificar que a montagem final é o *Bottleneck* do processo. A Figura 31 apresenta graficamente a comparação entre os tempos de ciclo de cada grupo de estações e o *Takt Time*.

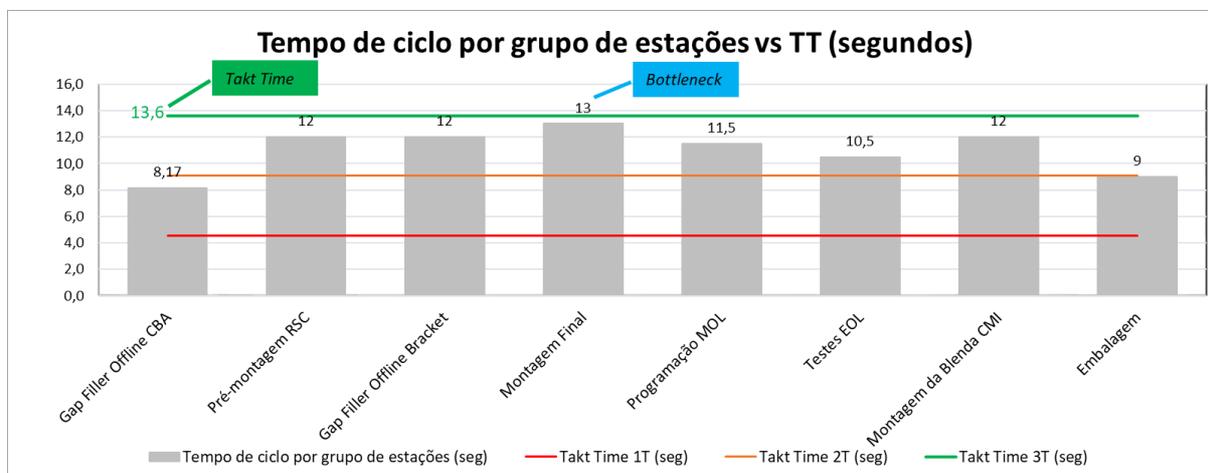


Figura 31 – Comparação TT vs tempo de ciclo

Relacionando o *output* com o tempo diário disponível, foi possível obter a capacidade instalada de cada grupo de estações. Comparando a capacidade instalada com a procura diária foi possível obter a taxa de ocupação de cada estação ou grupo de estações. A Tabela 6 apresenta a capacidade instalada de cada grupo de estações e respectiva taxa de ocupação. Os cálculos efetuados na obtenção dos valores da Tabela 6 estão disponibilizados no Apêndice 3. Os processos partilhados não foram tidos em

consideração neste cálculo porque para calcular as respetivas taxas de ocupação teriam de ser considerados outros produtos.

Tabela 6 – Capacidade instalada por grupo de estações e taxas de ocupação

	<i>Gap Filler</i> CBA	Pré- montagem	<i>Gap Filler</i> da <i>Bracket</i>	Montagem Final	Programaçã o MOL	Testes EOL	Montagem da Blenda	Embalagem
Tempo de ciclo por grupo de estações (seg)	8,17	12	12	13	11,5	10,5	12	9
Capacidade por grupo de estações (unidades)	9666	6581	6581	6075	6867	7521	6581	8774
Taxa de ocupação	60%	88%	88%	95%	84%	77%	88%	66%

Observando os resultados obtidos, foi possível verificar que há processos com baixas taxas de ocupação.

#### 4.5.2 Excesso de inventário.

Observando o VSM e o nível de inventário entre processos, há alguns aspetos que despertam a atenção, nomeadamente os inventários apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Inventário traduzido em horas

Estante de WIP	Inventário (Horas)
WIP <i>Milling</i> - Pré-montagem RSC	5,07
WIP Pré-montagem RSC - Montagem Final	3,41

Estes níveis de inventário estão associados à existência de um processo de pré-montagem da placa RSC entre o processo de *Milling* e montagem final, enquanto a placa MMX transita diretamente do processo de *Milling* para a montagem final. A informação obtida pelo chefe de equipa da área foi de que, embora tendo disponíveis três estações que permitem processar toda a produção, nem sempre as operadoras estavam 100% dedicadas às estações; ele geria as operadoras mediante a quantidade de WIP. Quando as rampas FIFO da montagem final estavam mais vazias colocava as três estações em pleno, e quando as rampas estavam cheias, deslocava uma operadora para outra função. Esta gestão deve-se ao desfasamento do tempo de ciclo entre a montagem final e os postos de pré-montagem. Durante o tempo dedicado à observação dos postos de trabalho de pré-montagem e recolha de dados, as operadoras estiveram sempre alocadas aos postos de pré-montagem.

A existência de inventário elevado entre processos origina um maior esforço na sua gestão e dificulta a implementação de sistemas como o FIFO. Entenda-se como esforço, a colocação e a remoção dos produtos em estantes/supermercados, assim como as respetivas deslocações.

#### 4.5.3 Manuseamento de WIP

Os pontos de controlo e planificação dos processos de pré-montagem e montagem final foram outro dos problemas alvo de análise. Durante a recolha de dados para o desenho do VSM foi observado que o operador de logística responsável pelo planeamento da montagem final estava constantemente a verificar as existências de placas RSC e MMX na estante de WIP CBA → FA de forma a produzir lotes completos. Esta dificuldade surge devido ao número de variantes existentes. Para produzir um produto específico, o operador de logística tem de fazer um *match* entre a placa RSC e a placa MMX. Como não há um número igual de equipamentos disponíveis ao longo do processo e os tempos de ciclo para cada placa não estão nivelados, é muito fácil um modelo específico atrasar num destes processos e não haver o respetivo par disponível para a montagem final. De forma a entender melhor o processo instalado, foi efetuada uma análise detalhada do fluxo do produto e as suas ligações entre os processos de pré-montagem da placa RSC e as linhas de montagem final. A Figura 32 apresenta o fluxo da produção e os respetivos equipamentos disponíveis.

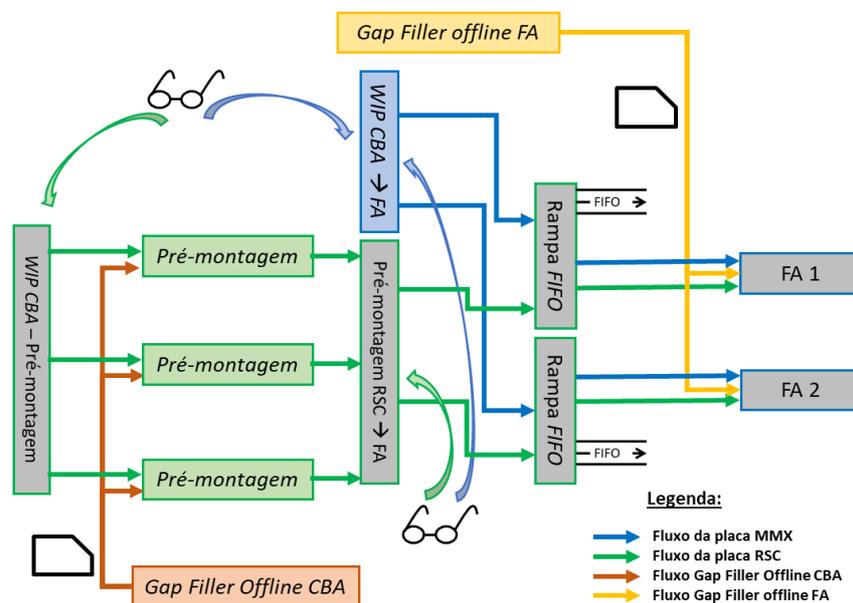


Figura 32 – Fluxo de produção e conexão entre processos

No fluxo da placa RSC existe o processo de pré-montagem entre a estante de WIP e a montagem final, que não existe na placa MMX. A Figura 33 apresenta o fluxo dos colaboradores de logística no *layout* da fábrica.

No processo instalado o colaborador de logística verifica a existência de placas MMX e RSC na estante de WIP CBA (ponto 1 e ponto 7 da Figura 33). Em seguida, recolhe o lote a produzir da placa RSC no ponto 1 e coloca o conjunto num posto de pré-montagem para ser processado no ponto 2. Posteriormente, recolhe o lote processado no ponto 3 e desloca-se à estante de WIP da placa MMX, ponto 7, procura o lote correspondente e coloca os dois conjuntos na rampa FIFO juntamente com a ordem de produção para uma linha de montagem final, ponto 4. Existem duas rampas FIFO, uma para cada linha de montagem. Posteriormente, outro colaborador de logística responsável pelo abastecimento das linhas de montagem final recolhe os dois conjuntos no ponto 5 e coloca-os nas rampas de abastecimento da linha de montagem final correspondente, pontos 6 e 8. Este colaborador de logística também é responsável pelo abastecimento do posto de *Gap Filler* da *Bracket*.

No posto de *Gap Filler* da *bracket* foi verificado que o colaborador de logística efetuava repetidamente as operações de pegar em material, colocar para processamento, retirar material processado e colocar na rampa de montagem final. Os vários pontos de consumo e movimentações estão ilustrados na Figura 33 a cor laranja. O colaborador de logística retira o material da rampa no ponto 10 e abastece o posto de *Gap Filler* da *Bracket* no ponto 11. Seguidamente, este mesmo operador retira o produto já processado no ponto 12 e abastece as linhas de montagem final nos pontos 13, fazendo-o alternadamente para cada linha de montagem.

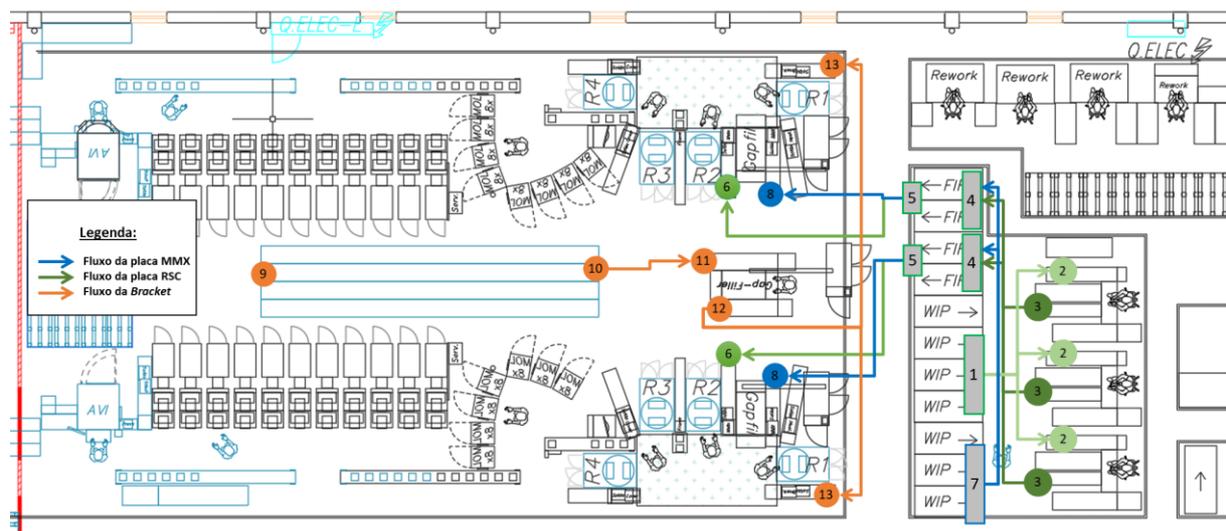


Figura 33 – Movimentações de materiais realizada pelos colaboradores de logística

Ao realizar a análise deste grupo de estações foi possível observar no conjunto de estações de pré-montagem e no *Gap Filler Bracket* que as operadoras estavam por vezes paradas por falta de ordens de produção, o que corrobora o que já tinha sido identificado anteriormente: estes postos têm um tempo de ciclo inferior ao tempo de ciclo do *bottleneck* que é a montagem final.

Outro ponto observado foi o transporte do *dissipador* do posto de *Gap Filler* CBA para os postos de pré-montagem. O posto de *Gap Filler* CBA não se encontrava junto dos postos de pré-montagem devido à falta de espaço. A Figura 34 mostra o trajeto efetuado pelo operador de logística no transporte do dissipador entre os dois postos. De referir que para este operador foram contabilizados 45 metros entre estes dois postos, sendo que a cada transporte, o operador transporta 9 tabuleiros de dissipador totalizando 108 peças no total representando 0,42 metros por peça.

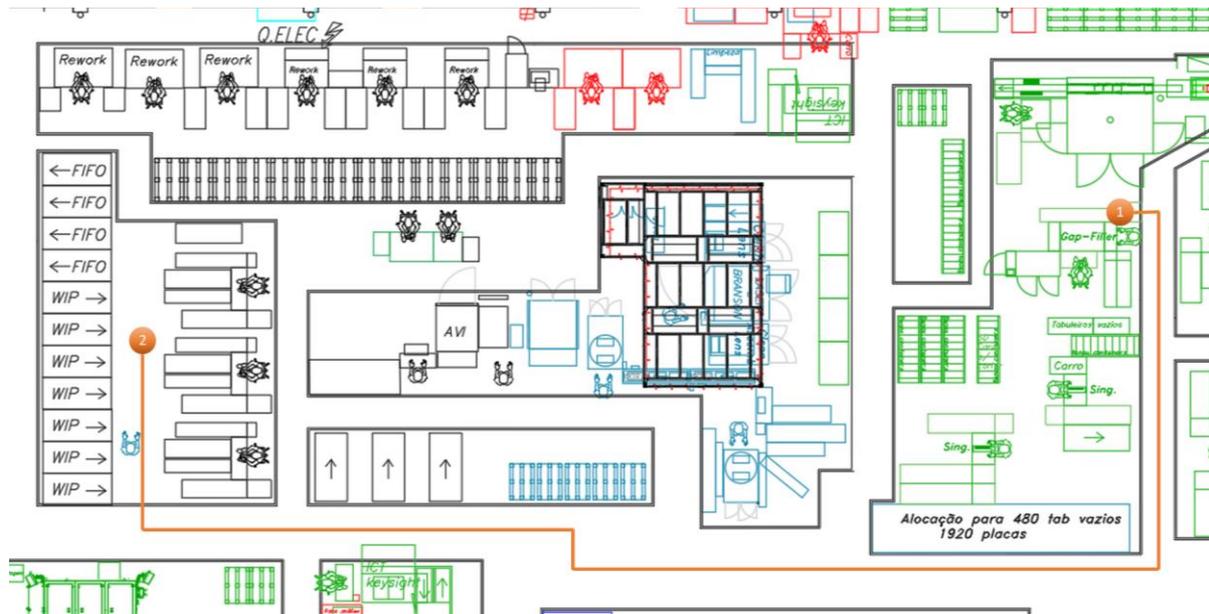


Figura 34 – Movimentação de WIP entre os postos de *Gap Filler* CBA e pré-montagem

#### 4.5.4 Dificuldade em alcançar os materiais no posto de Pré-montagem

Ao observar as colaboradoras dos postos de pré-montagem durante a recolha de dados para o VSM da placa RSC, foi possível observar que as operadoras efetuavam algum esforço para alcançar alguns componentes na disposição de materiais do posto, também chamado de *parts presentation*. A diversidade de material necessários neste posto não permitia que os materiais ficassem mais próximos da operadora.

Uma análise mais detalhada ao posto permitiu observar que a colaboradora esticava o braço e inclinava o tronco para alcançar alguns materiais. Ao observar a operadora era visível o aspeto “stressado” com que desempenhava todas as tarefas, efetuando movimentos muito rápidos de forma a cumprir o tempo de ciclo.

Tendo em conta o observado, foi realizada uma avaliação de risco ergonómico *Golden Zone / Strike Zone* ao posto. A Figura 35 mostra a disposição do material neste posto assim como a avaliação de risco ergonómico efetuada. Nesta figura também é possível observar a quantidade de operações e o nível de

risco associado a cada operação. De referir que foram identificadas 5 operações com risco moderado/elevado de lesões musco esqueléticas. As operações 1, 2, 3, 4 e 10 apresentam um risco superior a dois o que significa que a distância a que se encontram os materiais para estas operações é superior a 50 cm.

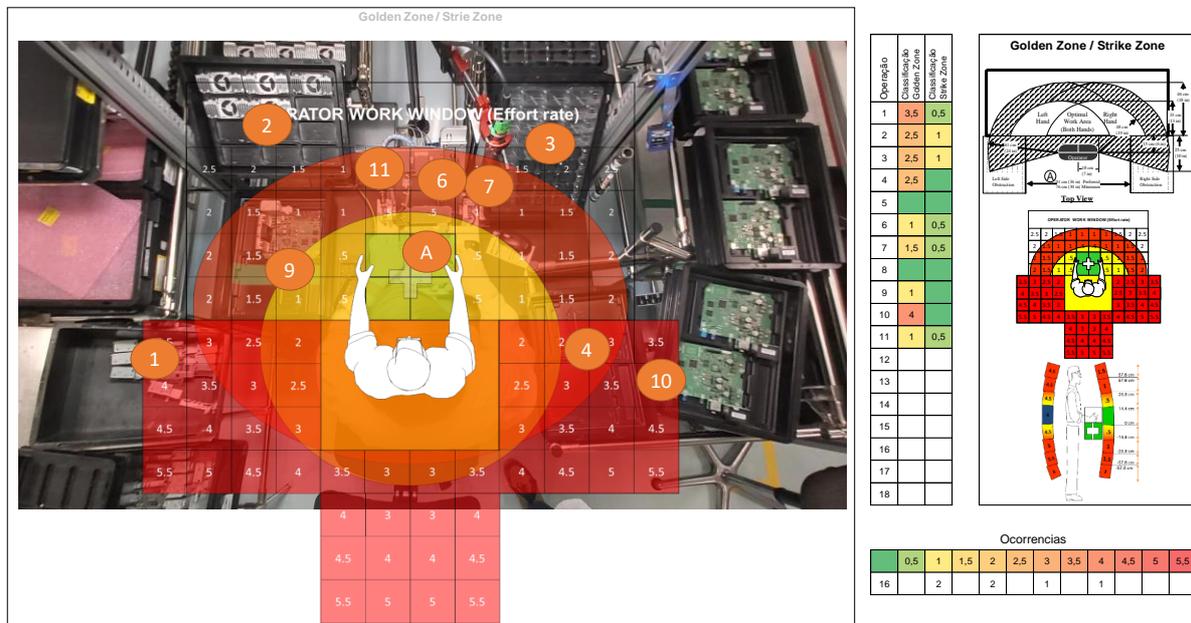


Figura 35 – Avaliação de risco ergonómico do posto de pré-montagem RSC

Também foram identificados mais alguns pontos que dificultam o trabalho da operadora na execução das operações aqui desempenhadas. Estes pontos estão identificados na lista que se segue e representados na Figura 36.

- Ponto 1 – a largura do posto de trabalho é de 120 centímetros o que dificulta o acesso às peças mais distantes.
- Ponto 2 – a parede traseira não está disponível sempre na mesma posição obrigando a operadora a movimentações extra para a orientação da peça antes de ser introduzida no dispositivo.
- Ponto 3 – o dissipador encontra-se numa posição elevada dificultando o acesso às últimas peças do tabuleiro. Devido à inclinação do tabuleiro, por vezes as peças caem por cima da placa RSC que se encontra na posição de saída.
- Ponto 4 – a impressora encontra-se distante e é de difícil acesso devido à posição do dispositivo quando este está na posição de aberto.

- Ponto 5 – o pino de bloqueio da tampa do dispositivo, durante a movimentação da placa do tabuleiro para o dispositivo, no trajeto natural da placa, encontra-se bastante exposto, apresentando marcas de colisões.
- Ponto 6 – a máquina de aparafusar não tem posição fixa quando não está a ser usada, pelo que a operadora por vezes está à procura da mesma.
- Ponto 7 – ao colocar a placa RSC no dispositivo, a colaboradora, no processo de rotação da placa, passa com a mesma muito perto do pino de bloqueio do dispositivo e da máquina de aparafusar. No deslocamento do tabuleiro, ponto 7 IN, para o dispositivo, ponto 7, a colaboradora tem de efetuar um movimento de elevação porque o tabuleiro está a um nível inferior ao dispositivo no plano horizontal. Este movimento antigravidade exige um esforço acrescido e aumenta a possibilidade de colisão da placa com o dispositivo.
- Ponto 8 – a ventoinha está muito distante obrigando a operadora a esticar-se para alcançar as peças no tabuleiro.

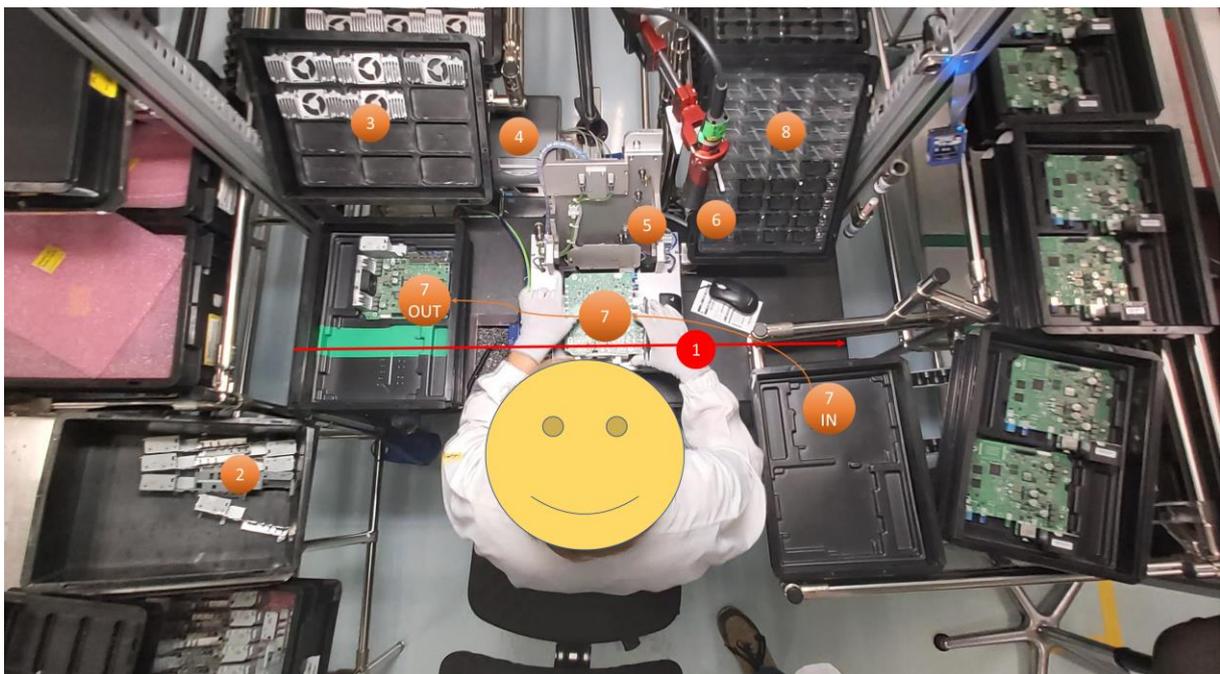


Figura 36 – *Parts Presentation* do posto de pré-montagem da placa RSC

#### 4.5.5 Colaboradores subutilizados

Durante o processo de observação/análise do processo produtivo e atualização do VSM também foi possível observar, em alguns processos, que algumas operadoras estavam paradas à espera que as máquinas terminassem as suas operações. Estas esperas normalmente estão relacionadas com o

balanceamento entre máquina e operador num posto de trabalho. Desta forma, e para ter uma ideia do tempo de espera, procedeu-se à análise do tempo de ciclo das máquinas e das operadoras nos postos de *Gap Filler* da *Bracket*, no posto de *Gap Filler* CBA e no primeiro posto da montagem final. A Figura 37 representa graficamente as diferenças entre os tempos de ciclo das máquinas e das pessoas nestes postos de trabalho.

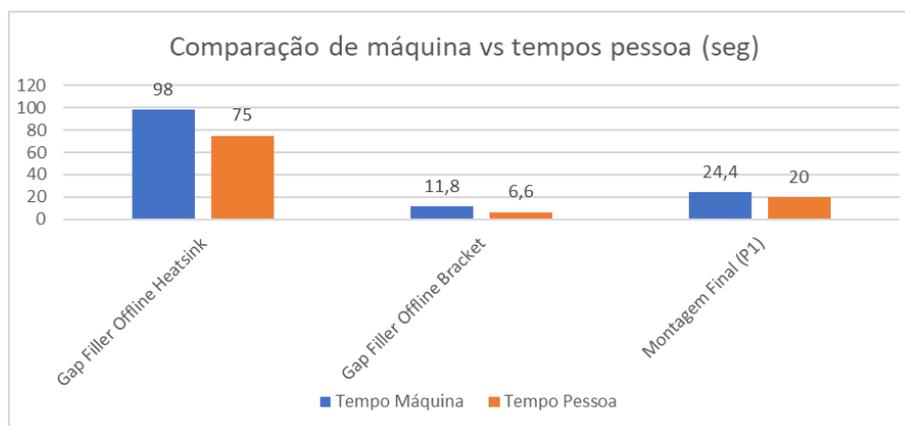


Figura 37 – Comparação de tempos máquina e tempos pessoa

No gráfico apresentado é possível observar que a operadora do *Gap Filler* CBA espera 23 segundos até que a máquina termine a operação de dispensação. Este tempo de ciclo representa 12 conjuntos pelo que a espera representa 1,92 segundos por peça. No caso do *Gap Filler* da *Bracket* a espera é de 5,2 segundos. No posto 1 da montagem final o tempo de espera é de 4,4 segundos quando comparado com o tempo da máquina deste posto. Contudo, como este posto está integrado numa célula em conjunto com mais dois postos, e sendo o tempo de ciclo da célula de 26 segundos, o tempo de espera total são 6 segundos. A Tabela 8 mostra a relação entre os tempos de espera e os tempos de ciclo de cada estação de trabalho. De salientar que os tempos de espera destes postos representam 23%, 44% e 23% do tempo de ciclo destas estações respetivamente.

Tabela 8 – Percentagem dos tempos de espera em relação ao tempo de ciclo

Posto	Gap Filler CBA	Gap Filler da Bracket	Montagem Final (P1)
Tempo de ciclo da célula	98	11,8	26
Tempo Máquina	98	11,8	24,4
Tempo Pessoa	75	6,6	20
Tempo de espera (seg.)	23	5,2	6
Tempo de espera (%)	23%	44%	23%

Para a análise dos tempos referidos na Tabela 8 foram usadas as tabelas de conteúdo de trabalho de cada posto de trabalho também designadas por *Work Combination Tables*. Estas tabelas apresentadas nos Apêndice 4, Apêndice 5 e Apêndice 6 representam todo o conteúdo de trabalho de cada uma destas estações e tempos associados a cada operação. Também aqui são representados os tempos de operação das máquinas, os deslocamentos dos operadores e os respetivos tempos de espera.

#### 4.5.6 Tarefas que não acrescentam valor

Outra situação identificada através da análise do VSM é relativa a área de testes EOL e à área de programação MOL. As atividades aí realizadas são necessárias porque é através da programação do *software* que é definido o produto. Contudo, o trabalho efetuado pelas operadoras não acrescenta valor. A Figura 38 apresenta as movimentações das operadoras nas estações de programação MOL e testes EOL.

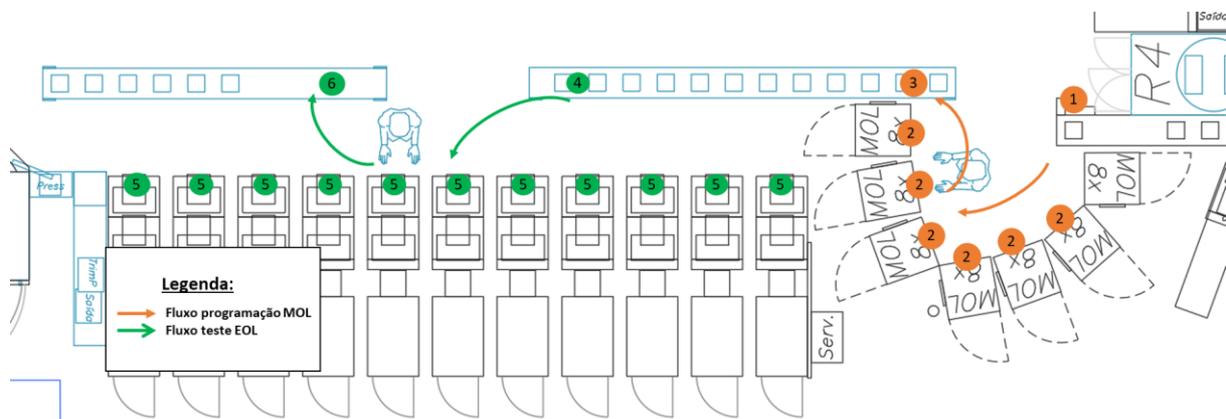


Figura 38 – Movimentações das operadoras de programação MOL e testes EOL

O trabalho efetuado pelas operadoras no processo de programação MOL resume-se a recolher o produto do *conveyor* de entrada (ponto 1 da Figura 38), transportá-lo e colocá-lo num dos sistemas de programação (ponto 2). Após estarem programados, a operadora retira o aparelho do sistema, (ponto 2), e volta a colocá-lo no *conveyor* de saída do processo (ponto 3). Em seguida, volta ao início do processo (ponto 1). Caso haja uma não conformidade no processo, a operadora coloca o produto não conforme na parte inferior do *conveyor* de saída para análise (ponto 3). Repete estas operações ao ritmo da montagem final, ou seja, a cada 26 segundos repete as operações.

O mesmo conjunto de tarefas é efetuado para o processo de teste EOL, sendo que para este processo são utilizados os pontos 4, 5 e 6 representados na Figura 38. Estas atividades para além de não acrescentarem valor, chamam a atenção também pela taxa de ocupação das operadoras. Estas taxas de

ocupação são de 84% para o posto de programação de MOL e de 77% para o posto de teste EOL já identificadas na Tabela 6.

Em média, foram contabilizados 4,92 metros para cada conjunto de operações no posto de programação MOL e 6,91 metros para o posto de testes EOL, que, com uma produção média diária de 5800 unidades, representam 28,536 quilômetros na programação MOL e cerca de 40 quilômetros nos testes EOL. Por dia, são percorridos nas células de programação MOL e testes EOL, cerca de 68,5 quilômetros distribuídos pelas 24 operadoras que trabalham nestas estações. De referir que neste grupo de estações está implementado um plano de rotatividade onde cada operadora não permanece mais de duas horas na mesma estação. O Apêndice 7 apresenta os cálculos efetuados na medição destas distâncias.

## 5. PROPOSTAS DE MELHORIA IMPLEMENTADAS

O presente capítulo refere de forma detalhada as ações desenvolvidas para a mitigação dos problemas identificados no capítulo anterior. Desta forma, e como referido na secção 2 do capítulo 1, as ações efetuadas visam o aumento de produtividade através da redução de custos operacionais e da redução de desperdícios.

Com o objetivo de encontrar soluções para os problemas identificados, foram sugeridas e implementadas algumas ações que a seguir se descrevem.

### 5.1 Instalação de processos de automação

Como forma de colmatar a baixa taxa de ocupação nos postos de programação MOL e Testes EOL, e sendo a atividade da operadora considerada como transporte, atividade sem valor acrescentado, foi sugerido colocar um *robot* para cada grupo de estações. Um grupo de estações de programação MOL é composto por seis armários individuais que contêm oito unidades de programação cada.

#### 5.1.1 Automação da célula de programação MOL

Os primeiros passos, no caso de alteração de um processo manual para um processo automático, são a exequibilidade física do processo e a viabilidade económica do mesmo.

Numa primeira fase, foram considerados só os sistemas de programação MOL, como fase experimental. Assim sendo, foi contactado um fornecedor experiente neste tipo de automação com vista a realizar o estudo de exequibilidade física e obter um orçamento para a execução e instalação do processo. Para o processo foram definidos os seguintes requisitos em conjunto com a equipa de manutenção e de higiene e segurança da empresa:

- O sistema tem de estar protegido contra a possível invasão da área de operação do *robot* por parte de uma operadora, ou seja, sempre que alguém entrar na área de ação do *robot*, este tem de parar de forma a evitar um potencial acidente.
- O *robot* tem de funcionar com um tempo de ciclo máximo igual ou inferior ao tempo de ciclo dos sistemas de MOL.
- O sistema tem de distinguir os produtos de acordo com o resultado do teste de programação, OK ou NOK.
- O sistema, em caso de avaria de uma unidade individual de programação, tem de ser capaz de funcionar com as restantes.

- O sistema, em caso de avaria geral e prolongada, tem de possibilitar que os sistemas de programação possam ser abastecidos por uma operadora. Numa situação deste tipo a operadora tem de ter espaço para se movimentar em segurança.

Tendo em consideração estes requisitos e relativamente à exequibilidade física, o feedback do fornecedor foi positivo sendo o custo de implementação de 70 000€ por cada sistema. O fornecedor salientou três pontos essenciais a ter em consideração para a implementação.

- O produto tem de estar sempre posicionado da mesma forma para o *picking* do *robot*.
- Os sistemas de programação teriam de estar em posições fixas para evitar constantes ajustes de coordenadas.
- O resultado do teste / programação do produto teria de estar disponível numa base de dados de forma ao *robot* identificar o destino do produto, para o próximo processo ou para análise.

Como forma de cumprir estes requisitos, foi proposto criar uma célula de trabalho fechada com uma única porta de acesso que, em caso de abertura da mesma, o *robot* para automaticamente. Desta forma seriam evitados possíveis acidentes.

Como forma de garantir que cada armário estivesse sempre na mesma posição mesmo após a intervenção para uma manutenção, foi criado, em conjunto com a equipa de desenho de dispositivos, um mecanismo de indexação rápida para o armário e um mecanismo mecânico para posicionamento do produto. A Figura 39 apresenta imagens destes mecanismos.



Figura 39 – Mecanismo de indexação rápida de sistema de programação e de produto

Para o estudo de viabilidade económica a Aptiv utiliza uma ferramenta chamada ICIM.

Esta ferramenta chamada de *Innovation and Continuous Improvement Methodologies* é um formulário em *Excel* que contém as várias taxas financeiras associadas a cada processo. Com esta ferramenta é possível calcular o retorno do investimento e também a poupança expectável num determinado processo, tendo em conta a despesa necessária para efetuar a implementação dessa melhoria.

Para o correto preenchimento deste formulário é necessário introduzir a data inicial considerada para a implementação da melhoria, a data de término do projeto, o número de operadores abrangidos pela melhoria e o tempo em segundos dessa melhoria. Também é necessário preencher o número de equipamentos em que a melhoria tem impacto e respetivo tempo em segundos, as quantidades anuais que é previsto produzir desse produto e o investimento necessário para a sua implementação. Também é possível obter as poupanças relativas à melhoria de ocupação de área produtiva, melhorias com redução de materiais, redução de FTQ e refugo.

A Figura 40 apresenta um formulário ICIM com os principais campos a serem preenchidos.

Year	Volume	Conversions	Machine-hours	Capital Avoidance	Material	FTQ / Uptime	Floorspace	Total
2021	696 000	31 376	-7 538	-72 000				-48 162
2022	696 000	63 744	-15 076					48 668
2023	696 000	64 889	-15 123					49 766
2024	696 000	65 993	-15 168					50 826
2025	696 000	67 125	-15 168					51 957
<b>Total:</b>	<b>293 128</b>	<b>-88 072</b>	<b>-72 000</b>					<b>153 056</b>

Figura 40 – Formulário *Innovation and Continuous Improvement Methodologies*

Com os dados obtidos pelo fornecedor, foi preenchido o formulário ICM com os seguintes dados:

- A data início do projeto foi considerada como sendo julho de 2021, data em que o fornecedor se comprometeu a ter o equipamento instalado e funcional. A data fim de projeto foi considerada como sendo dezembro de 2025, data em que está previsto terminar a produção.
- Como condição inicial considerou-se 26 segundos como sendo o tempo de ciclo da operadora que é determinado pelo *bottleneck*, a montagem final, e 0 segundos para o tempo de ciclo máquina do *robot*. Ou seja, antes não havia este tipo de equipamento.

- Como condição após implementação, foram considerados 0 segundos para o tempo do operadora e 23 segundos para o tempo de ciclo da máquina. Neste caso o tempo de ciclo da máquina difere do tempo de ciclo da montagem final para que o sistema tenha a capacidade de testar os produtos que vêm da montagem final e os produtos rejeitados nos processos de programação MOL e testes EOL.
- Como investimento inicial foram considerados 140 000€ para instalar os dois sistemas existentes nas duas linhas de programação MOL.
- Quanto aos volumes, foram considerados os volumes apresentados na Tabela 3 representando uma produção média diária de 5800 unidades no ano de 2021. Para os anos seguintes foi considerado o mesmo volume anual, independentemente da procura. Foi assumido por parte da organização que qualquer aumento da procura seria colmatado com a instalação de uma nova linha.
- Quanto à ocupação de área produtiva, foi considerado que a célula iria ocupar o mesmo espaço usado no processo manual.

O formulário preenchido com os dados referidos está representado no Apêndice 8.

Analisando os dados do formulário, este demonstra um retorno do investimento dentro do prazo de um ano e quatro meses, o que está dentro do que é aceitável na Aptiv para investimento. O mesmo formulário apresenta uma poupança positiva ao fim do segundo ano após a implementação de aproximadamente 92 615€ e uma poupança durante o tempo de vida do projeto de 231 535€ em 2025.

Com o estudo de exequibilidade positivo e o estudo de viabilidade económica favorável, o projeto foi implementado no prazo estipulado pelo fornecedor, inicialmente numa das linhas de programação e posteriormente na segunda linha.

Como este foi o primeiro *robot* a ser instalado nas fábricas Aptiv com o propósito de abastecer sistemas de teste / programação, foi elaborado o documento de partilha de informação na Aptiv chamado *One Pager Best Practice*, apresentado no Anexo 3. Esta apresentação de um slide único documenta as boas práticas de processos de melhoria implementados e serve para partilhar informação com as outras fábricas da Aptiv.

A Figura 41 representa o Layout após a implementação de automação no processo de programação MOL.

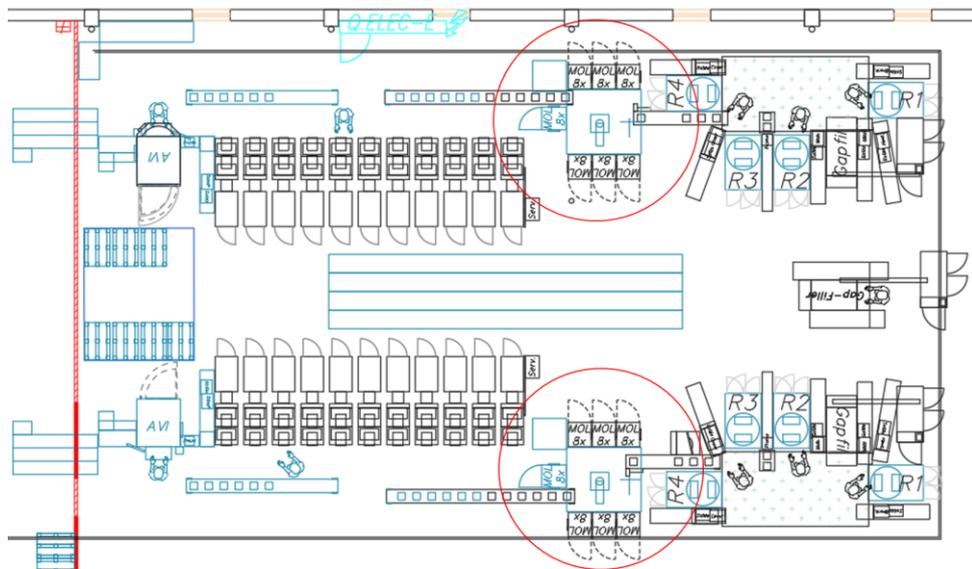


Figura 41 – *Layout* após implementação de automação MOL

A implementação deste processo de automação veio permitir a redução de seis operadoras por dia, uma por cada célula nos três turnos.

### 5.1.2 Automação da célula de teste EOL

Ainda sobre o tema de automação, à semelhança do processo implementado nos postos de programação de MOL, foi sugerido implementar o mesmo processo de automação nos postos de Teste EOL. As características exigidas para a implementação de automação nestes postos são as mesmas do que as características exigidas no processo de automação da programação MOL, o produto estar sempre posicionado da mesma forma, os sistemas estarem fixos e a informação do resultado do teste estar disponível numa base de dados para consulta.

Na verificação destes três critérios foi detetado que seria necessário criar a base de dados com a informação do resultado do teste efetuado.

Também foi observado que a disposição dos equipamentos no *layout* obrigaria a ter um conceito diferente no modo de funcionamento do *robot*. Enquanto no processo de programação MOL os sistemas estão dispostos de forma circular, no processo de testes EOL os sistemas estão dispostos em linha. Desta forma, foram desenhados dois possíveis cenários para a disposição dos sistemas de teste no *layout* da fábrica.

O primeiro cenário consistia em não alterar a disposição dos sistemas de teste e colocar o *robot* sobre um carril. Neste cenário o *robot* iria deslocar-se para poder abastecer os sistemas de teste. Este cenário tem a vantagem de não serem necessárias alterações de *layout* significativas, contudo seria necessário

criar barreiras físicas para impedir o acesso à área de intervenção do *robot*. A Figura 42 mostra a disposição dos sistemas de teste no layout com a implementação do cenário 1.

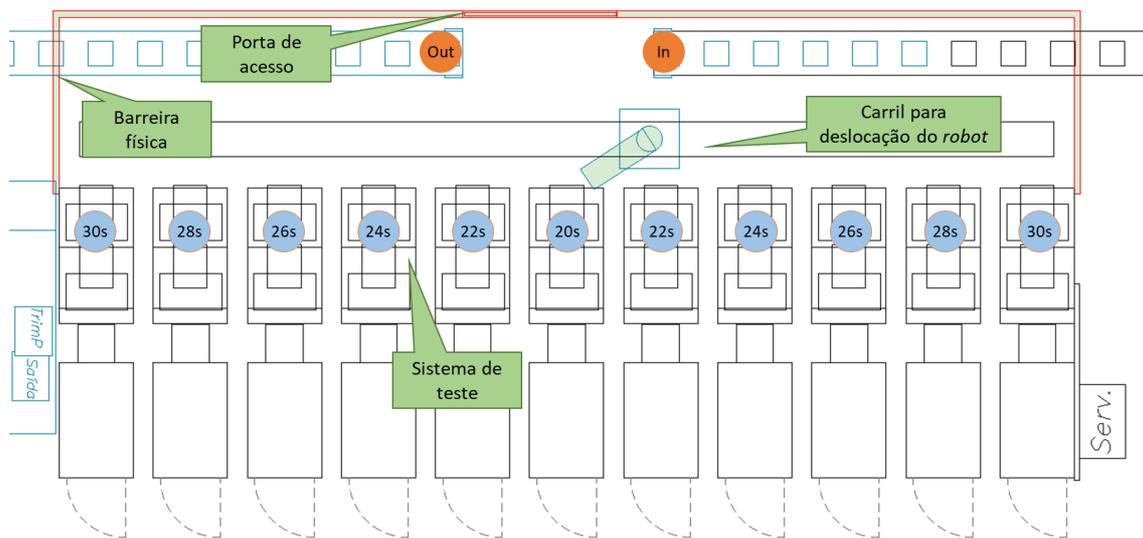


Figura 42 – Cenário 1, *robot* sobre carris

A implementação deste cenário apresenta uma contrariedade, o tempo de ciclo do *robot* estimado pelo fornecedor através de *software* de simulação para as estações de teste mais afastadas é de 30 segundos e o da estação mais próxima de 20 segundos. De referir que o *robot* tem pegar no produto para teste e colocar o produto testado sempre na mesma posição, a posição *in* e posição *Out* identificadas na Figura 42. Este cenário, com um tempo de ciclo médio para manuseamento de 25,5 segundos em alguns sistemas, não é favorável, está muito próximo do tempo de ciclo da linha de montagem final.

O segundo cenário consistia em usar o mesmo tipo de plataforma já utilizado no processo de automação da programação MOL. Neste cenário o *robot* estaria fixo e os sistemas de teste através da sua disposição no *layout* estariam a criar automaticamente uma barreira física restringindo o acesso. Neste cenário são necessárias alterações de Layout mais significativas para dispor os sistemas de teste acessíveis ao *robot*, contudo os sistemas estariam mais perto o que poderia possibilitar reduzir o tempo de ciclo. Realizada a simulação de tempo de ciclo, este varia entre 21 segundos para as estações mais distantes e 20 segundos para as estações mais próximas do eixo de rotação do *robot*. A Figura 43 apresenta a disposição dos sistemas de teste no *layout* com a implementação do cenário 2.

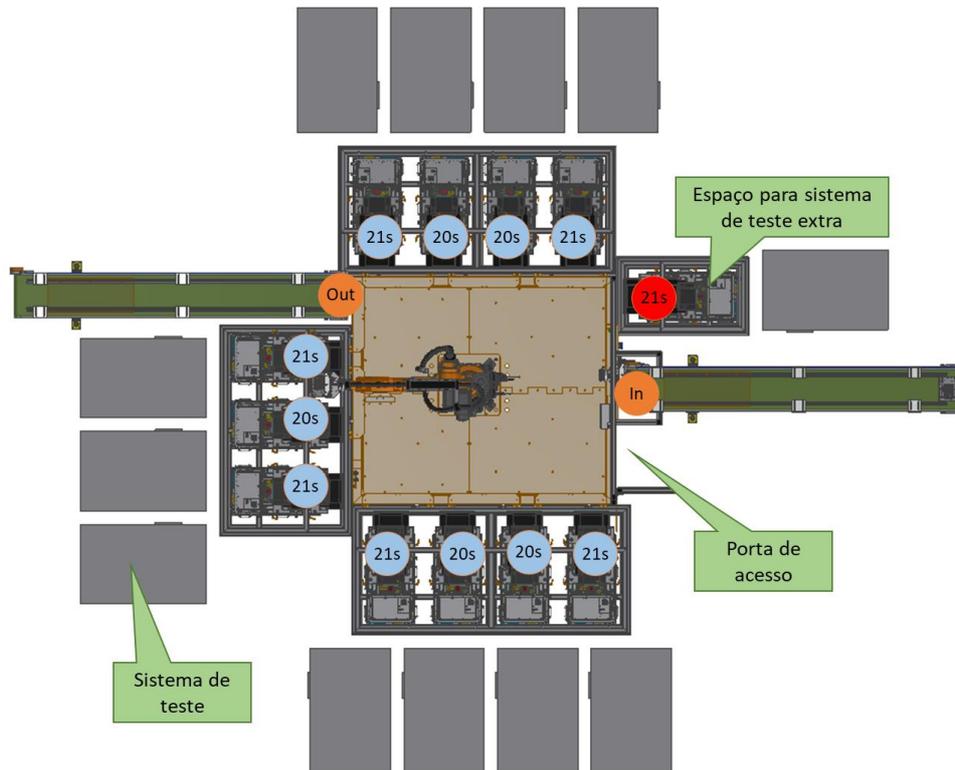


Figura 43 – Cenário 2, *robot fixo*

Com esta disposição dos equipamentos seria possível alcançar um tempo de ciclo médio de 20,6 segundos o que é inferior ao tempo de ciclo dos sistemas de teste.

Tendo em consideração esta disposição física dos equipamentos e os mesmos requisitos elaborados para os sistemas de programação MOL, o fornecedor apresentou um custo para a implementação de cada sistema de 75 000€, incluído as alterações de *layout* necessárias para a sua implementação.

Da mesma forma que no processo de automação da programação MOL, foi verificada a viabilidade financeira, através do preenchimento do formulário ICIM com os dados referente a este processo. O Apêndice 9 apresenta o estudo de viabilidade financeira efetuado através do formulário ICIM. Como resultado, o retorno do investimento ocorreria após um ano e cinco meses, sendo que ao fim do segundo ano de implementação o valor de poupança efetivo seria de 92 237€ e representando uma poupança de 195 776€ até ao fim do projeto.

Com o parecer favorável, foi decidido avançar para a implementação.

A implementação deste processo de automação, à semelhança do processo de automação MOL viria permitir a redução de seis operadoras por dia, uma por cada célula nos três turnos.

## 5.2 Acoplamento do *Gap Filler* da *Bracket* com a montagem final

Relativamente aos problemas identificados na secção 4.5.5, e como forma de colmatar a subutilização dos colaboradores nos postos de *Gap Filler* da *Bracket* e do primeiro posto da montagem final, foi sugerido juntar estes dois postos fazendo uso de uma máquina de *Gap filler* que se encontrava desativada. Os dados apresentados na Tabela 8 mostram que o tempo de espera existente no primeiro posto da montagem, que era de 6 segundos relativamente ao tempo de ciclo da estação, é inferior ao tempo de operação no posto de *Gap Filler* da *Bracket* sendo este de 5,2 segundos. Também era expectável que com a junção destas duas estações fossem necessários menos movimentos nomeadamente com o manuseamento de tabuleiros vazios e colocação de peças nos tabuleiros de transporte.

De forma a verificar esta ideia, foi efetuada uma análise mais detalhada das movimentações das operadoras nestes postos através da observação das tabelas de conteúdo de trabalho WCT, *Work Combination Table* em inglês, representadas nos Apêndice 5 e Apêndice 6.

Assumindo que a junção destes dois postos pressupõe menos movimentos, o movimento de colocar no tabuleiro de produto acabado no posto de *Gap Filler* e o movimento de retirar do tabuleiro no posto de montagem final, a junção destes dois postos resultaria na redução de aproximadamente dois segundos no tempo de operação da operadora. De forma a simular esta alteração, elaborou-se a WCT com este novo cenário. A Figura 44 mostra a WCT da simulação da junção destes dois postos.

Através da WCT com a simulação da junção destes postos é possível observar que o tempo de ciclo da operadora continua abaixo do tempo de ciclo da máquina pelo que a alteração proposta não tem impacto negativo no tempo de ciclo da linha. De salientar que o tempo de espera da operadora ficaria reduzido a 0,4 segundos em relação ao tempo de ciclo da máquina e 2 segundos abaixo do tempo de ciclo da célula de montagem final.

Para a implementação desta ação de melhoria foi necessário verificar mais dois pontos muito importantes, a requalificação do equipamento que se encontrava desativado e a disposição no *layout*. A requalificação do equipamento desativado consistia na construção de novos dispositivos de suporte e nova programação adaptada ao produto M. Relativamente ao *layout*, foi verificado que com a rotação de 90 graus do 1º *robot* de aparafusamento seria possível a integração do novo sistema de dispensação na linha de montagem final.

Click on the + sign to enter wait time or change Operator ID # and graph

# Work Combination Table

Project: **Posto 1 Montagem Final + Gap Filler da Bracket**

Date: **16/mar/21**

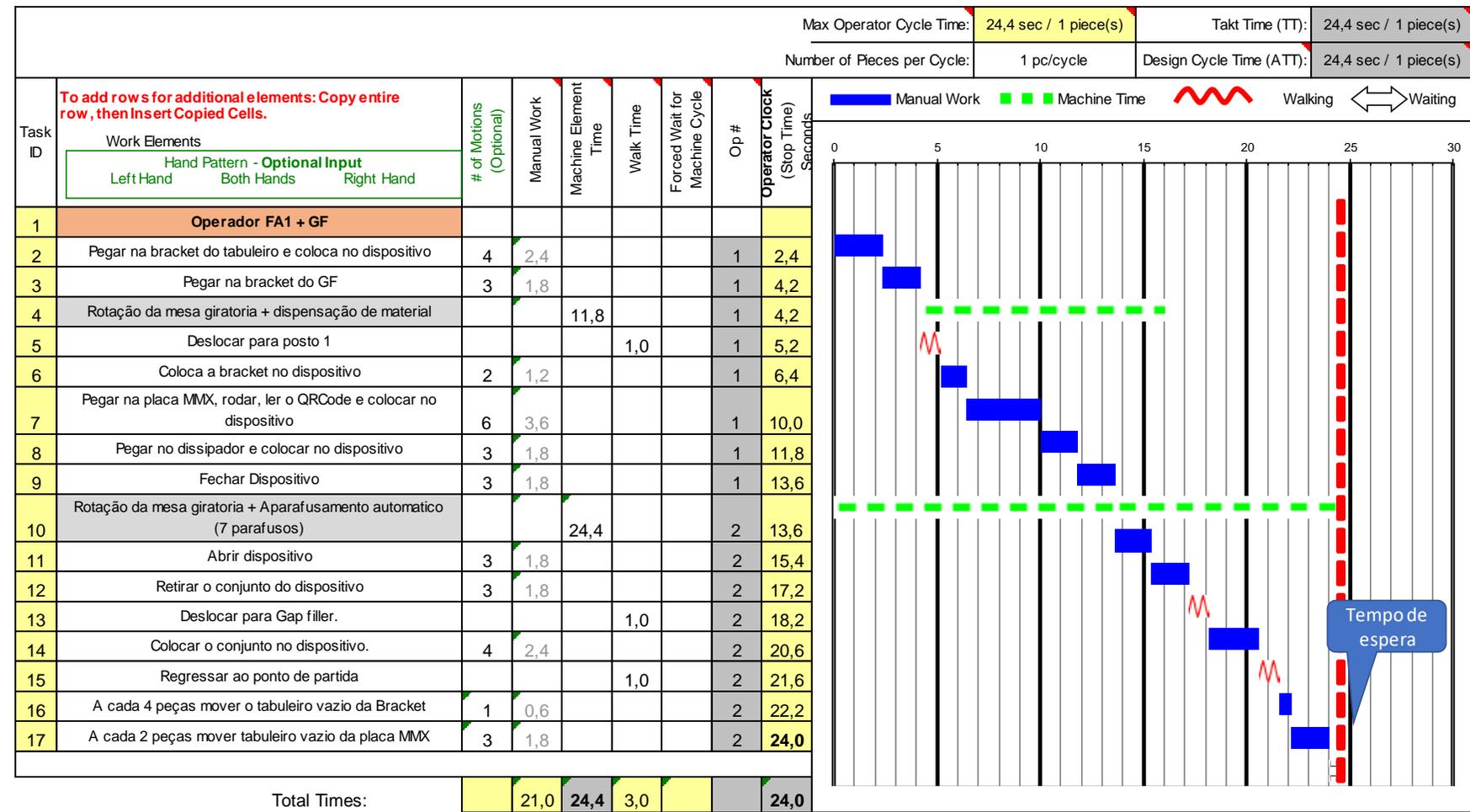


Figura 44 – WCT do posto 1 de montagem final com a integração Gap filler

Como prova de conceito, efetuou-se a alteração numa primeira fase numa linha de montagem, procedendo-se à atualização da instrução de trabalho e consequente avaliação de risco ergonómico, apresentadas no Anexo 4

A Figura 45 mostra a avaliação de risco ergonómico efetuado ao posto 1 da montagem final após a integração do *Gap Filler* da *Bracket*. De salientar que todas as ocorrências estão com valores inferiores a 2.

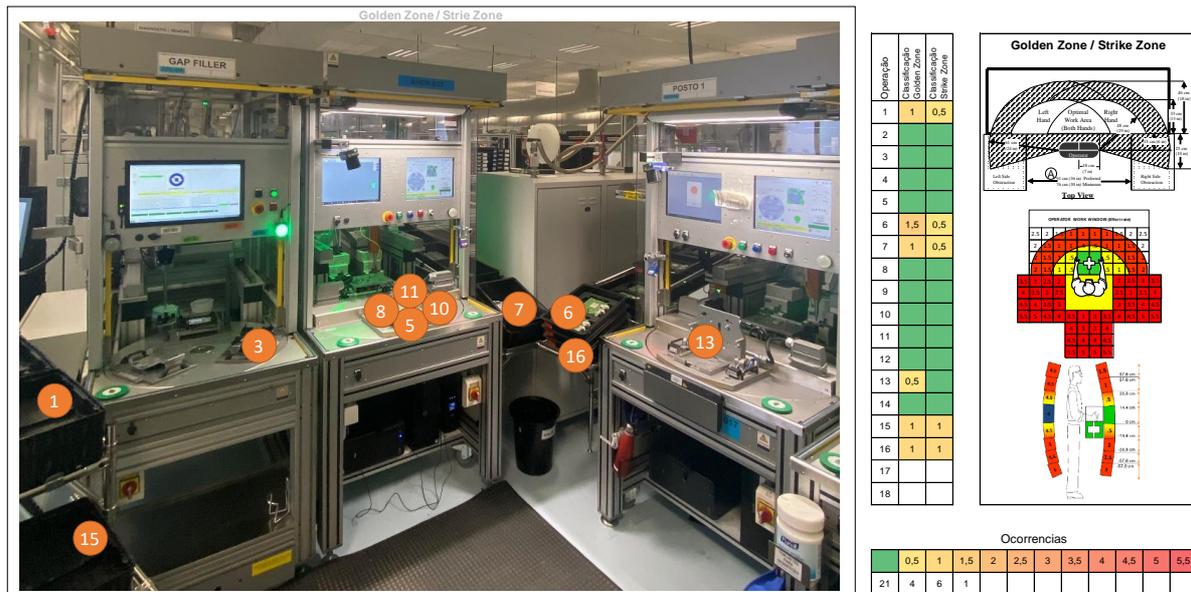


Figura 45 – Avaliação de risco ergonómico do posto 1 da montagem final

Após comprovado que o novo processo não iria atrasar os outros postos e que as alterações não representam risco ergonómico para as operadoras, efetuou-se a alteração na segunda linha de montagem final. A Figura 46 apresenta o *layout* após a alteração e o respetivo fluxo de materiais.

Ao implementar esta junção de estações também foi melhorado o manuseamento de tabuleiros da *bracket* por parte do operador de logística. Este operador de PC&L agora tem menos duas operações. Conforme documentado na secção 4.5.3 (Figura 33), este operador efetuava quatro operações, sendo estas, a de retirar a *Bracket* da rampa de WIP, a de colocar a mesma na rampa *Gap Filler*, a de retirar a *Bracket* da rampa de produto processado e a de movimentar e colocar o produto na rampa de montagem final. Com esta junção ele passou a efetuar duas operações apenas, a de retirar da rampa de WIP, e colocar na rampa de montagem final. Esta melhoria não foi contabilizada para efeitos desta dissertação, contudo foi anotado para posterior investigação o estudo desta rota logística tendo em consideração a redução de manuseamento de materiais.

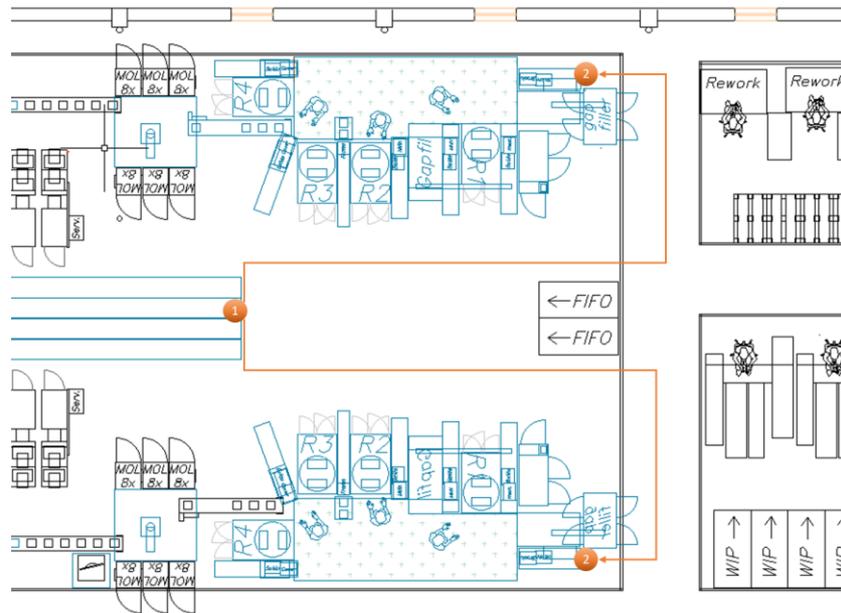


Figura 46 – Layout da área de montagem final após a integração do *Gap Filler* da *Bracket*

Para a implementação desta melhoria foi necessário requalificar uma máquina de *Gap Filler* que estava desativada e comprar novos dispositivos adaptados para o produto M. No total foram gastos na requalificação do equipamento e na compra de novos dispositivos 3 950€. Assim sendo foi calculado o valor estimado de poupança com a implementação desta melhoria através do formulário ICIM apresentado no Apêndice 10; a poupança efetiva no final de 2021 seria de 32 761€ e de 177 068€ até ao final do projeto.

A implementação deste processo de melhoria veio permitir a redução de três operadoras por dia, uma operadora em cada turno nas estações de *Gap Filler* da *Bracket*.

### 5.3 Redução do tempo de ciclo do posto de pré-montagem da placa RSC

Como forma de reduzir o excesso de inventário da placa RSC e o desnivelamento do tempo de ciclo entre os postos de pré-montagem da placa RSC e a montagem final foi sugerido reduzir o tempo de ciclo do posto de pré-montagem de forma a estar nivelado com o tempo de ciclo da montagem final com o objetivo de posteriormente efetuar uma ligação física entre este posto e a montagem final. Em caso de sucesso, esta ação iria permitir reduzir o inventário, aumentar a taxa de ocupação das operadoras e eliminar movimentações de materiais.

Foi definido que o novo tempo de ciclo da estação deveria ser no máximo de 26 segundos sendo que idealmente deveria ser inferior de forma a absorver as variações inerentes ao facto do conteúdo de trabalho ser puramente manual dependente da operadora e de complexa execução.

A primeira ação efetuada foi o levantamento de todas as operações efetuadas neste posto. A Figura 47 apresenta a WCT do posto de pré-montagem da placa RSC.

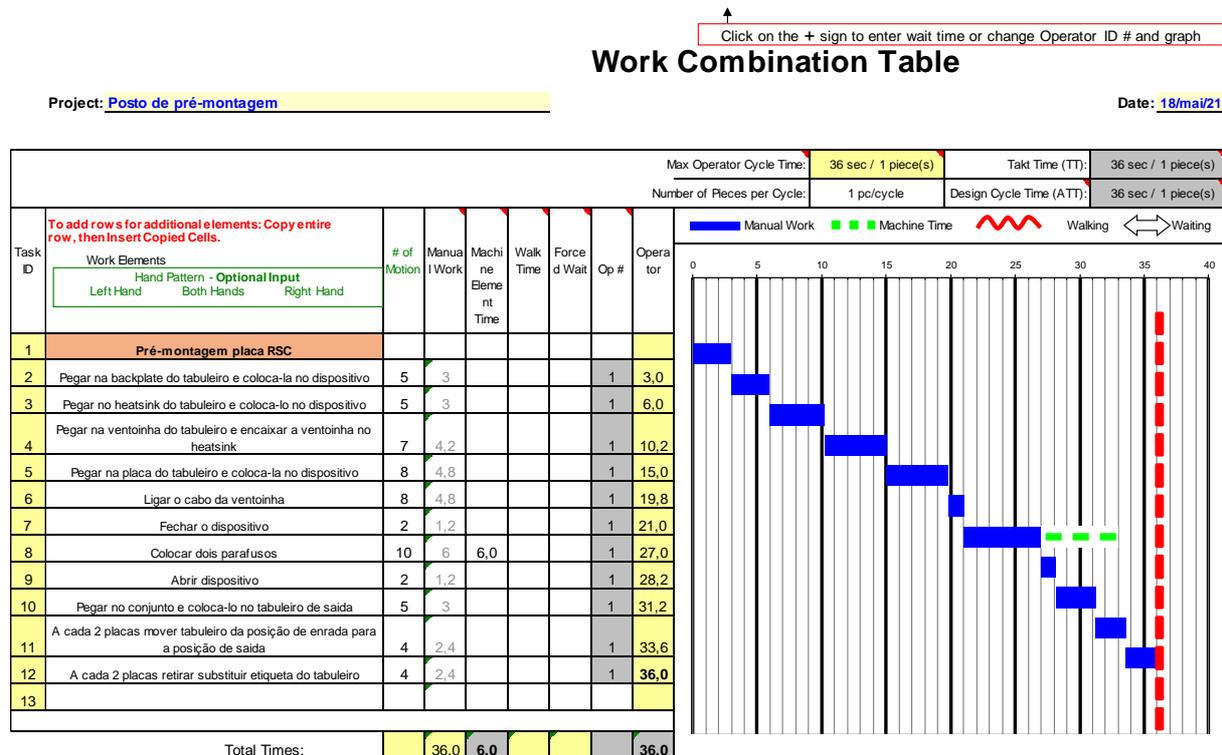


Figura 47 – WCT do posto de pré-montagem da placa RSC

Observando a tabela de conteúdo de trabalho deste posto, é visível que a operadora está ocupada a 100%, não há tempos de esperas visíveis. Assim sendo, seria premente transferir algum conteúdo de trabalho para outro posto. Ao retirar conteúdo de trabalho do posto de pré-montagem além de reduzir o tempo de ciclo, iria permitir diminuir o tamanho do posto e tornar possível a aproximação de materiais para o ponto de uso por parte da operadora.

De todas as operações efetuadas neste posto a montagem da ventoinha no dissipador é a única operação que é possível transferir para o posto de *Gap Filler CBA*, de forma a evitar duplicação de manuseamento de materiais. Ao transferir esta operação para outro posto estar-se-ia a retirar aproximadamente 7 segundos ao tempo de ciclo da estação. Esta redução de tempo de ciclo não é suficiente para o objetivo, contudo ao aproximar os outros componentes do ponto de uso seria possível reduzir o tempo despendido para os alcançar.

Como proposta para colmatar estes pontos identificados, foi redesenhado o posto de trabalho com as seguintes premissas:

- Tabuleiro de entrada é o mesmo tabuleiro de saída. Desta forma as placas não atravessam a área de trabalho da direita para a esquerda.
- Nivelamento em altura da posição do tabuleiro com a altura do dispositivo. Desta forma minimiza a possibilidade de a placa embater na parte inferior do dispositivo e reduz a distância.
- A máquina de aparafusar, sempre que não está a uso, tem de ficar numa posição fixa na parte de trás da tampa do dispositivo, deixando livre a área de passagem do PCB do tabuleiro para o dispositivo e do dispositivo para o tabuleiro de forma a evitar possíveis colisões.
- O PCB só pode ser manuseado com a mão direita e os componentes metálicos com a mão esquerda evitando possíveis contaminações.
- De forma a tornar a apresentação do material mais próximo da operadora, a ventoinha tem de vir pré-montada no dissipador do posto de *Gap Filler* CBA aproveitando a oportunidade já identificada em que a operadora deste posto espera pela conclusão de operações da máquina.
- Alterar a posição do pino de bloqueio do dispositivo para o lado esquerdo do mesmo evitando a possível colisão da placa com o pino e atrasos na colocação da placa no dispositivo.
- Os componentes parede traseira e dissipador deveriam estar sempre posicionados na mesma orientação de acordo com a posição de colocação no dispositivo.

A primeira ação efetuada foi redesenhar os tabuleiros da parede traseira e do dissipador de forma a ocupar menos espaço no *Parts Presentation* do posto. As alterações efetuadas nos tabuleiros de transporte têm a vantagem de assegurar que as peças estão sempre posicionadas da mesma forma (como vão ser utilizadas no posto de pré-montagem) eliminando rotações do pulso da operadora. Estas alterações de posicionamento das peças apresentam vantagens eliminando movimentos extra que originam variações de movimentos para posicionamento das peças nos dispositivos. A Figura 48 apresenta os tabuleiros com os componentes dispostos sempre com a mesma orientação.



Figura 48 – Novos tabuleiros da parede traseira e do dissipador

Removido algum conteúdo de trabalho deste posto e aproximando as peças do seu ponto de uso, foi efetuada uma prova de conceito simulando o processo futuro. Estas provas de conceito tem a utilidade de ser possível simular a realidade das alterações propostas e eventualmente corrigir alguns pontos referenciados pelas operadoras. A Figura 49 mostra uma imagem da prova de conceito efetuada no posto de pré-montagem.

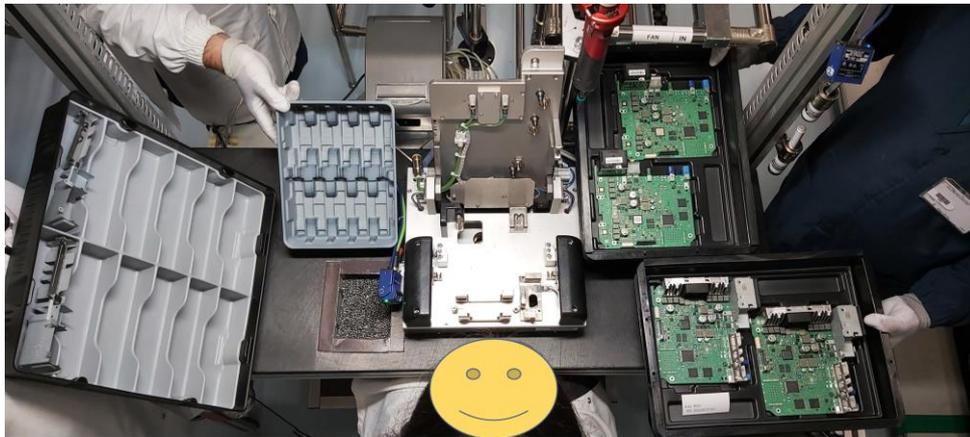


Figura 49 – Simulação do posto de pré-montagem da placa RSC

Também nesta fase foi elaborada a nova WCT do posto através da simulação realizada, sendo que o novo tempo de ciclo seria de 25,2 segundos conforme demonstrado na Figura 50.

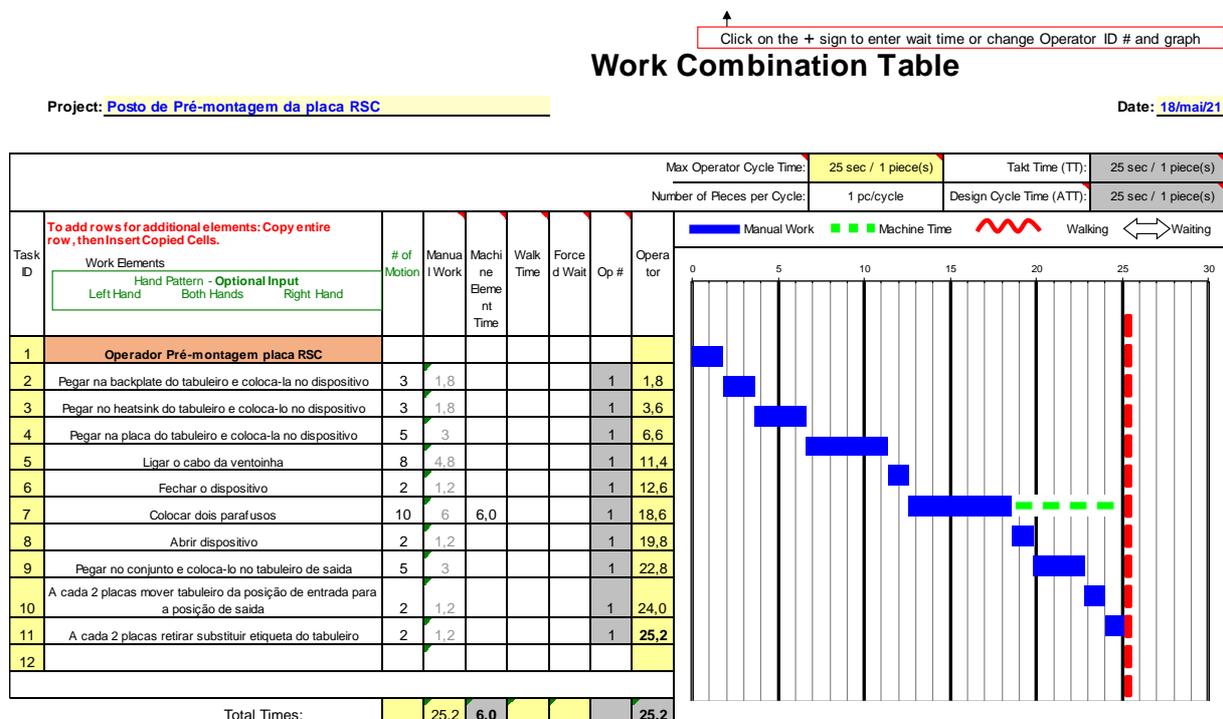


Figura 50 – WCT da simulação do posto de pré-montagem da placa RSC

Com o feedback bastante positivo por parte das colaboradoras, foi atualizada a instrução de trabalho, e consequente avaliação de risco ergonómico, apresentadas no Anexo 5. Não havendo pontos críticos de risco ergonómico como demonstra a Figura 51, foram alterados os dois postos de pré-montagem.

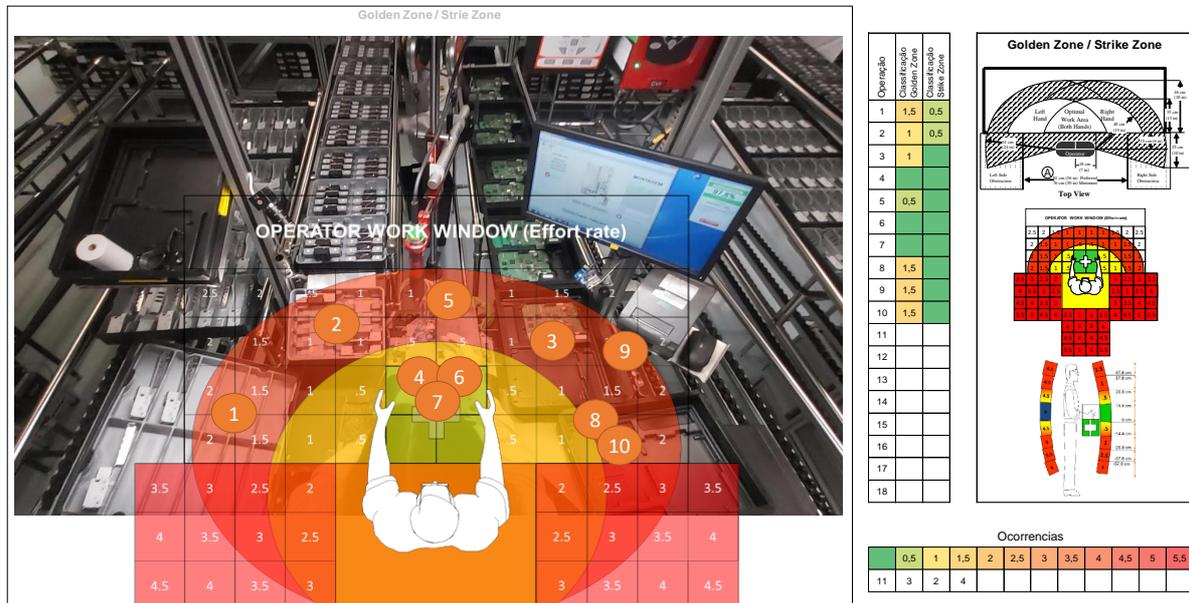


Figura 51 – Avaliação de risco ergonómico do posto de pré-montagem da placa RSC

Após comprovado o novo tempo de ciclo do posto de trabalho foi possível a união do posto com a montagem final através de um tapete de transporte eliminando assim as tarefas do operador de logística de recolher o produto acabado da rampa de saída do posto, alocar no supermercado o produto e retirar do supermercado para alocar na rampa da montagem final. Desta forma, à semelhança da redução de tarefas do operador de logística da montagem final, esta melhoria também não foi contabilizada para efeitos desta dissertação, ficando anotado para posterior investigação o estudo desta rota logística tendo em consideração a redução de manuseamento de materiais.

À semelhança das melhorias anteriores, também foi calculada a poupança obtida com implementação desta melhoria através do formulário ICIM. O Apêndice 11 apresenta esse cálculo, sendo que no final de 2021 a poupança estimada seria de 34 651€ e de 213 190€ até ao final do projeto.

À semelhança das melhorias mencionadas anteriormente, também esta melhoria de redução do tempo de ciclo nos postos de pré-montagem, permitiu reduzir uma operadora por turno, perfazendo uma redução total de três operadoras por dia.

#### 5.4 Posto de *Gap Filler* CBA

Como referido no ponto anterior, foi decidido transferir a montagem da ventoinha no dissipador do posto de pré-montagem para o posto de *Gap Filler* CBA. A transferência desta tarefa para este posto trouxe um risco acrescido para a integridade do produto *Gap Filler*. No processo anterior para a montagem da ventoinha no dissipador, este já se encontrava fixo no dispositivo de pré-montagem, ou seja, a operadora para montar a ventoinha não manuseava o dissipador com o *Gap Filler*. Outro problema que surgiu, foi a diferença da quantidade de peças entre o novo tabuleiro de transporte e o dispositivo existente no *Gap Filler* CBA. O dispositivo do *Gap Filler* estava preparado para 12 peças e o novo tabuleiro comportava apenas 8 dissipadores.

Como forma de colmatar estes dois problemas, foi alterada a sequência de montagem e alterado o dispositivo. A operadora passou a efetuar a montagem da ventoinha no dissipador, colocar o conjunto no tabuleiro de transporte e após este estar completo, este serviria de dispositivo suporte para o processo de dispensação. A Figura 52 mostra o dispositivo antes da alteração e o dispositivo/tabuleiro proposto.



Figura 52 – Dispositivo do *Gap Filler* CBA

De forma a verificar que esta transferência e alteração não iriam comprometer o tempo de ciclo, foi realizada a simulação através da tabela de conteúdo de trabalho WCT para verificar o tempo de ciclo expectável. A Figura 53 mostra a simulação desta alteração através da WCT do posto.

A WCT evidencia que o tempo de espera da operadora foi eliminado sendo que agora a máquina espera pela operadora. Também é possível observar que o tempo de ciclo estimado com a alteração seria de 93,6 segundos para 8 conjuntos, o que significa um tempo de ciclo por conjunto de 11,7 segundos.

↑  
Click on the + sign to enter wait time or change Operator ID # and graph

## Work Combination Table

Project: **Posto de Gap Filler CBA**

Date: **18/mar/21**

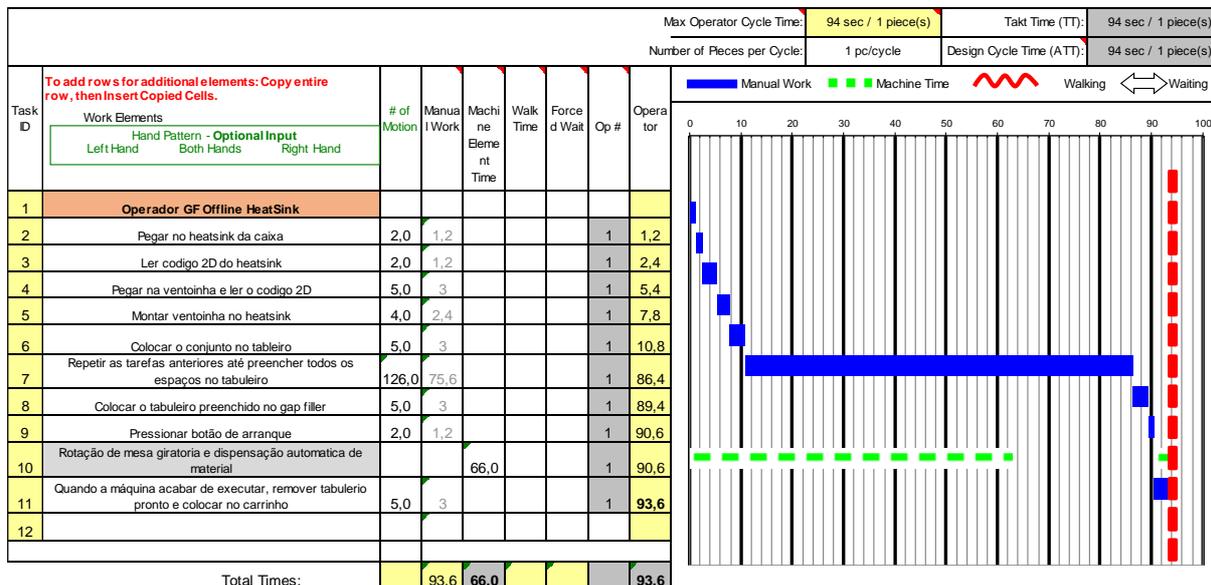


Figura 53 – WCT da simulação do posto de *Gap Filler* CBA

Comprovado que o tempo de ciclo expectável está abaixo do *Takt Time*, foi atualizada a respetiva instrução de trabalho, e consequente avaliação de risco ergonómico, representadas no Anexo 6. Na avaliação de risco ergonómico também é visível que todas as operações têm um risco ergonómico inferior a dois como é possível observar na Figura 54.



Figura 54 – Avaliação de risco ergonómico do posto de *Gap Filler* CBA

Comprovado não haver risco ergonómico para as operadoras, foi implementada a alteração.

Em conjunto com esta alteração, foi mudada a posição do *Gap Filler* para junto das linhas de montagem final aproveitando o espaço deixado livre com as alterações de Automação MOL, a junção do *Gap Filler* da *Bracket* e os postos de pré-montagem. Esta alteração permitiu encurtar a distância entre estes postos que era de 45 metros para 2 metros. À semelhança das alterações anteriores envolvendo os operadores de logística, também aqui não foram consideradas as melhorias resultantes da diminuição das distâncias percorridas, tendo sido referenciadas para posterior investigação.

A Figura 55 apresenta o *layout* da área de montagem após realizadas todas as propostas de melhoria implementadas à exceção da automação EOL.

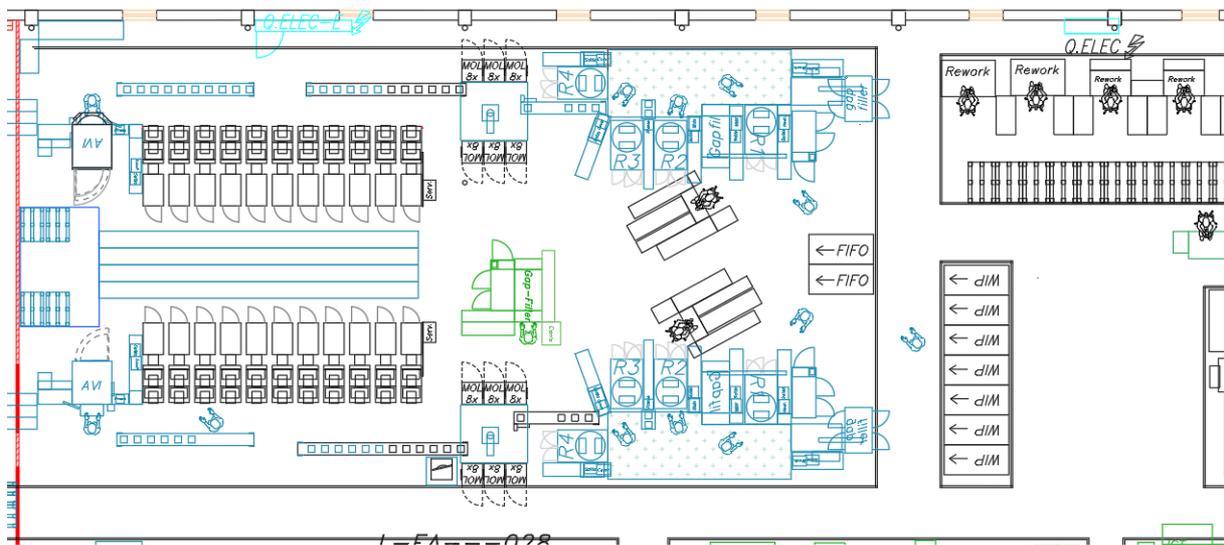


Figura 55 – Layout da área de montagem final

## 5.5 VSM – Desenho do novo estado atual

Tendo em consideração as melhorias realizadas e as oportunidades apresentadas, de seguida procedeu-se à atualização do VSM aqui representado na Figura 56.

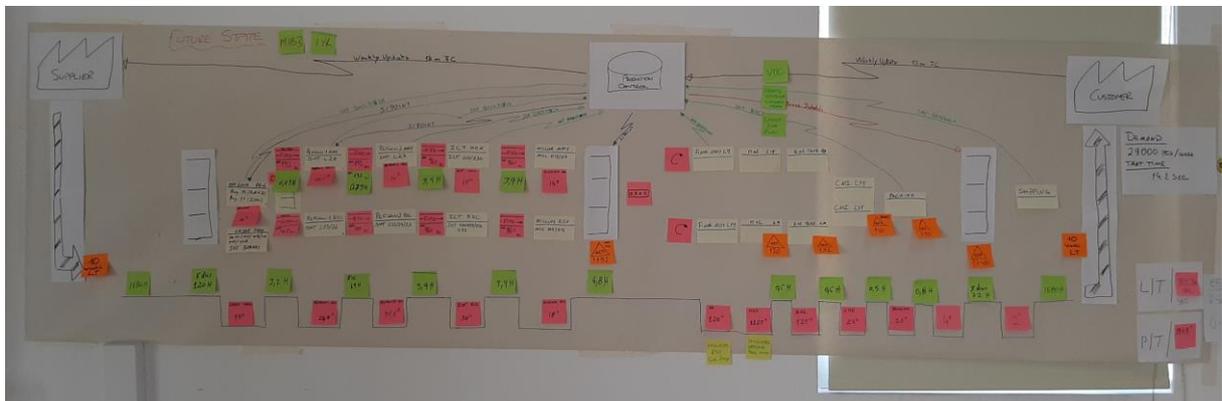


Figura 56 – VSM, Desenho do novo estado atual

O VSM do novo estado atual representa uma imagem do processo com a eliminação dos desperdícios identificados e implementação das melhorias propostas.

Assim sendo tendo por base o VSM do novo estado foram calculados os indicadores de desempenho Tempo de processamento (TP) Tempo de atravessamento (TA) Rácio de valor acrescentado (RVA) e Eficiência (%)

A Tabela 9 mostra os dados relevantes referentes ao estado futuro.

Tabela 9 – Indicadores de desempenho do processo produtivo

Indicador de desempenho	Estado atual
Tempo de processamento (TP)	5,2 minutos
Tempo de atravessamento (TA)	4,42 dias
Rácio de valor acrescentado (RVA)	0,08%
Eficiência (%)	65%
Produtividade de processos dedicados (unidades / hora. operador)	19,52 uni / h.op

O gráfico representado na Figura 57 apresenta os diversos tempos de processamento de cada processo produtivo do produto M expresso em segundos. Desta forma, o tempo de processamento total é de 312 segundos o que representa cerca de 5,2 minutos.

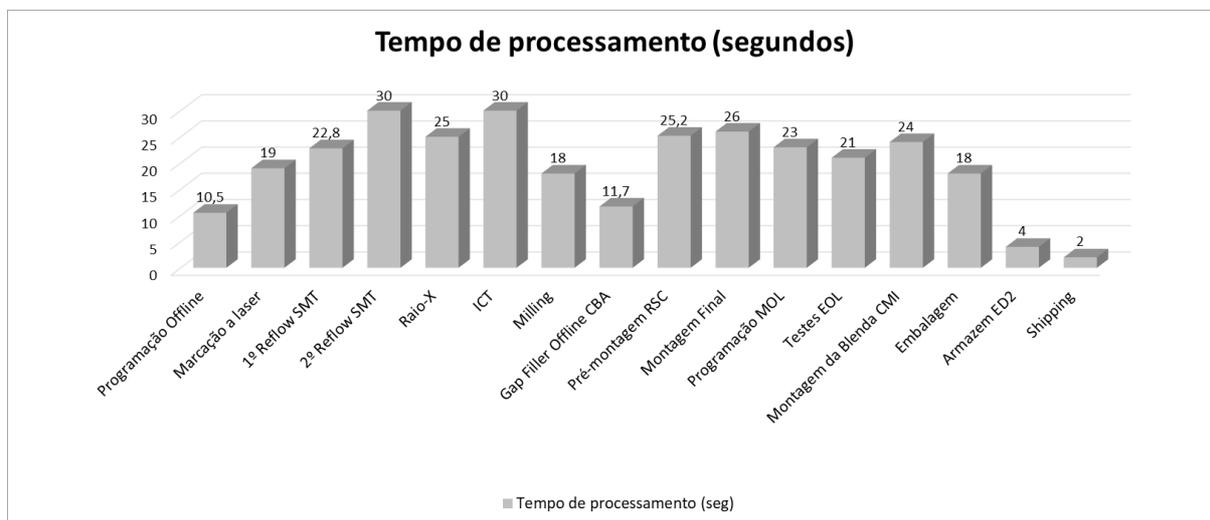


Figura 57 – Tempos de processamento do estado futuro (segundos)

A conexão dos postos de pré-montagem com a montagem final e a implementação de processo de automação na área de testes, também permitiu reduzir o WIP entre estas estações.

A Figura 58 mostra os valores de WIP expectável com a implementação de todas as melhorias sugeridas no *Baseline Event*.

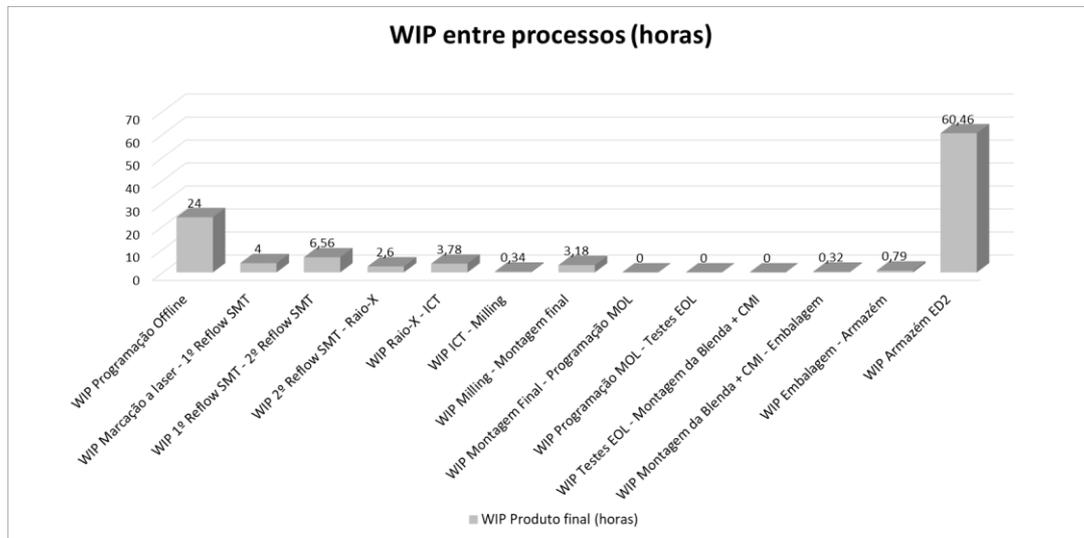


Figura 58 – WIP entre processos estado futuro (horas)

Com o novo tempo de processamento e os valores de WIP expectáveis, foi calculado o tempo de atravessamento, que é de aproximadamente 4,42 dias. Com estes dois valores também foi calculado o rácio de valor acrescentado RVA.

$$RVA = \frac{TP}{TA} = \frac{312}{381708} \cong 0,08\%$$

Com o tempo de processamento também foi calculada a eficiência do processo produtivo sendo que a eficiência expectável seria de 65%.

$$\text{Eficiência (\%)} = \frac{TP}{TC * n^{\circ} \text{ de estações}} = \frac{312}{30 * 16} \cong 65\%$$

A instalação de automação nas células de programação MOL representa uma redução de seis operadoras por dia, uma operadora em cada célula por turno durante os três turnos existentes. À semelhança do processo de automação MOL, o processo de automação EOL também representa uma redução de seis operadoras por dia, duas operadoras em cada turno.

Com a junção do posto de *Gap Filler* da *Bracket* também foi possível reduzir uma operadora por turno, totalizando três operadoras por dia.

A redução do tempo de ciclo dos postos de pré-montagem da placa RSC também permitiu reduzir o número de operadoras necessárias para um volume de produção de 5800 unidades diárias. Inicialmente havia três estações a trabalhar por turno, e com transferência de conteúdo de trabalho para o posto de *Gap filler* CBA, e consequente redução do tempo de ciclo, passou a ser necessário duas estações, uma

para cada linha de montagem. A Tabela 10 apresenta um resumo da quantidade de operadores necessárias por turno nos processos dedicados depois das melhorias implementadas.

Tabela 10 – Quantidade de recursos utilizados por turno nos processos dedicados

	<i>Gap Filler CBA</i>	Pré-montagem RSC	<i>Gap Filler da Bracket</i>	Montagem Final	Programação MOL	Testes EOL	Montagem da Blenda CMI	Embalagem
Antes	1	3	1	6	1	1	2	2
Depois	1	2		6			2	2

A necessidade total de operadoras para satisfazer a procura diária de 5800 unidades seria agora de 39 operadoras, 13 em cada turno.

Utilizando os mesmos dados de referência para a procura diária e o tempo útil diário de um operador utilizados no Apêndice 1, foi calculada a produtividade expectável com a implementação das melhorias mencionadas.

$$Produtividade = \frac{5800}{7,62 * 39} = 19,52 \text{ uni/h. op}$$

## 6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

No presente capítulo é apresentado um breve resumo dos resultados obtidos com a implementação das propostas de melhoria efetuadas. Também aqui é realizada uma comparação do estado inicial do processo produtivo do produto M com o estado final do mesmo nos processos que foram alvo de melhorias.

As melhorias implementadas resultaram não só num maior aproveitamento da mão de obra disponível, reduzindo os tempos de espera em algumas estações, mas também na redução de transportes e movimentações desnecessárias que não acrescentam valor ao produto sendo que em dois casos específicos, com recurso a processos de automação.

### 6.1 Melhoria da taxa de ocupação dos processos produtivos

A ação de melhoria relacionada com o posto de pré-montagem da placa RSC e o posto de *Gap Filler* CBA permitiu, através da transferência de conteúdo de trabalho entre estas estações, aumentar as suas taxas de ocupação.

O posto de *Gap Filler* CBA inicialmente tinha um tempo de ciclo de 8,17 segundos por peça sendo que a taxa de ocupação desta estação era de 60%, enquanto no grupo de estações de pré-montagem, o tempo de ciclo era de 12 segundos por placa, com uma taxa de ocupação de 88% no conjunto das três estações. Após as alterações efetuadas, o tempo de ciclo do posto de *Gap Filler* CBA passou a ser de 11,7 segundos com uma taxa de ocupação de 86%, e no grupo de estações de pré-montagem o novo tempo de ciclo passou a ser de 12,6 segundos com uma taxa de ocupação de 93% no conjunto das duas estações. As alterações efetuadas também permitiram a redução do número de postos de pré-montagem de três para dois, permitindo remover uma estação. A Tabela 11 apresenta um resumo dos dados obtidos com as alterações efetuadas neste conjunto de estações.

Tabela 11 – Comparação das taxas de ocupação com a implementação das melhorias

		Antes	Depois
<i>Gap Filler</i> CBA	Tempo de ciclo por grupo de estações (seg)	8,17	11,7
	Capacidade por grupo de estações (unidades)	9630	6749
	Taxa de ocupação	60%	86%
Pré-montagem RSC	Tempo de ciclo por grupo de estações (seg)	12	12,6
	Capacidade por grupo de estações (unidades)	6581	6267
	Taxa de ocupação	88%	93%

## 6.2 Redução de tempos de espera dos operadores

A junção de postos de trabalho ou a redistribuição de conteúdo de trabalho utilizando tempos de espera existentes entre eles, permite um melhor rebalanceamento entre estações e uma maior ocupação dos operadores.

A ação de melhoria relacionada com o posto de pré-montagem da placa RSC e o posto de *Gap Filler* CBA é um exemplo disso. Através da transferência de conteúdo de trabalho entre estas estações foi possível aumentar as suas taxas de ocupação e consequente utilização das operadoras. Inicialmente, no posto de *Gap Filler* CBA o tempo de espera da operadora pela operação da máquina representava 23%. Com a transferência de operações dos postos de pré-montagem para esta estação, este tempo de espera foi eliminado sendo que agora, é a máquina que espera pela operadora.

A melhoria associada à junção do *Gap Filler* da *Bracket* com o primeiro posto da montagem final também é um exemplo do uso dos tempos de espera das operadoras. Neste caso, a operadora do *Gap Filler* da *Bracket* esperava 5,2 segundos pela conclusão das operações da máquina, o que representava 44% do tempo de ciclo da estação. Da mesma forma, no primeiro posto da montagem final, o tempo de espera da operadora representava 23% do tempo de ciclo da máquina. Com a junção destas duas estações e transferência do conteúdo de trabalho para a operadora da montagem final, o tempo de espera da operadora da montagem final passou a ser de 8% do tempo de ciclo da estação. A Figura 59 apresenta graficamente a comparação dos tempos de espera entre o estado inicial e o estado após efetuadas as alterações. Esta alteração representa a redução de uma operadora por turno, perfazendo um total de três operadoras por dia.

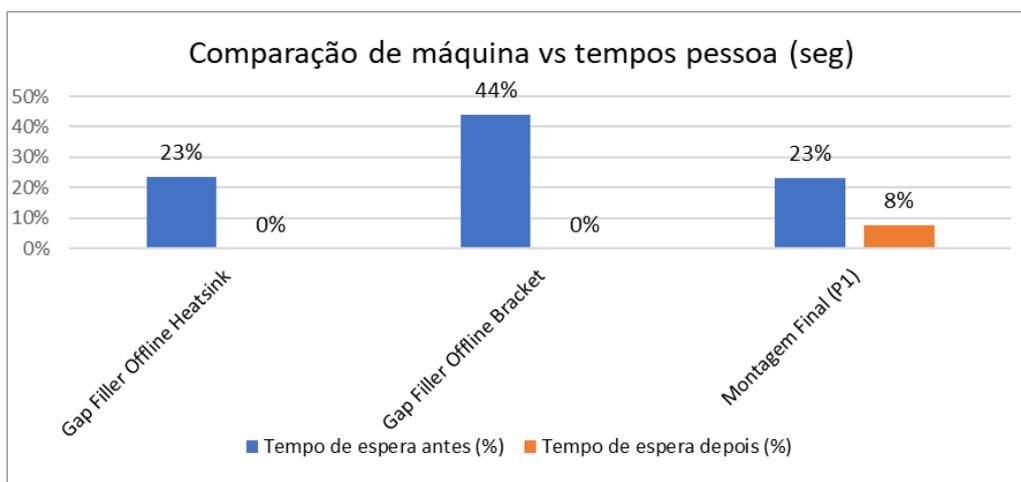


Figura 59 – Comparação de tempos de espera das operadoras

### 6.3 Aumento da produtividade

Um fator essencial para aumentar a produtividade de um processo produtivo é, sem dúvida, a eliminação de desperdícios. São várias as formas de eliminar desperdícios quer seja através de implementação de processos de automação ou através da redução de tempos de espera das operadoras. As melhorias efetuadas com a instalação de *robots* substituindo operações necessárias, mas que não acrescentam valor ao produto, são um exemplo disso.

Com a implementação das melhorias já implementadas e a melhoria em curso de automação das células de testes EOL, foi possível aumentar a produtividade de 13,35 para 19,52 unidades por operador por hora. A Figura 60 apresenta graficamente a evolução da produtividade.

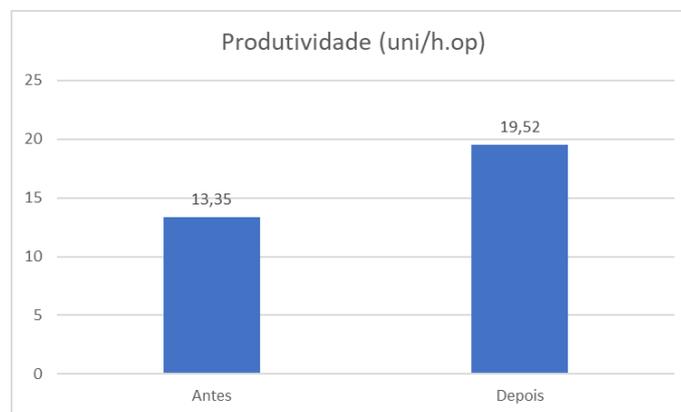


Figura 60 – Evolução da produtividade

$$\text{Ganho de produtividade (\%)} = \frac{19,52 - 13,35}{13,35} \cong 46,2\%$$

As implementações destas melhorias representam um aumento de produtividade de 46,2% nos processos dedicados ao produto M.

### 6.4 Melhoria das condições de trabalho

Nem todas as melhorias efetuadas nos processos produtivos representam ganhos monetários ou representam um valor facilmente mensurável. As melhorias das condições de trabalho são um exemplo disso, a expectativa são que as mesmas representem um maior conforto para os colaboradores no desempenho das suas tarefas e posteriormente um eventual ganho de produtividade.

As melhorias implementadas nos postos de pré-montagem com a reorganização do *Parts Presentation* e a aproximação dos componentes do seu ponto de uso, para além de reduzirem o tempo de ciclo,

trouxeram mais conforto às operadoras diminuindo o esforço necessário para efetuar as operações e o risco de contraírem lesões musco esqueléticas a longo prazo.

Inicialmente, neste grupo de estações, havia 5 operações com risco ergonómico igual ou superior a 2. Após as alterações realizados no posto, o número de operações com risco ergonómico igual ou superior a 2 foi reduzido a zero. A Tabela 12 apresenta uma comparação do número de ocorrências de risco ergonómico antes e depois das alterações realizadas.

Tabela 12 – Comparação do número de ocorrências de risco ergonómico

Risco Ergonómico	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
Antes	23		3	3	3		1		1			
Depois	11	3	2	4								

A implementação de automação nas estações de programação MOL e testes EOL também representa uma melhoria das condições de trabalho, tendo em consideração as distâncias percorridas pelas operadoras diariamente. Com a implementação de automação, foi possível eliminar as deslocações efetuadas pelas operadoras nestas estações, perfazendo um total de 68 618 metros diários.

Com a movimentação do *Gap Filler* CBA para junto das células de pré-montagem também foi possível reduzir a distância percorrida pelo operador de logística. Inicialmente o percurso efetuado pelo operador de logística representava 90 metros, trajeto de ida e volta, para um transporte de 9 tabuleiros totalizando 108 peças, representando 0,83 metros por peça. Após a alteração de *layout*, esta distância passou a ser de 4 metros, trajeto de ida e volta, para um transporte de 6 tabuleiros totalizando 48 peças, representando 0,083 metros por peça, que com uma procura diária de 5800 unidades, significa 4814 metros diariamente. Esta alteração representa uma melhoria de 90% na distância necessária para o transporte de um dissipador.

## 6.5 Redução de custos operacionais

As melhorias implementadas, para além de representarem um aumento da produtividade e um aumento da taxa de ocupação de operadores, também resultam numa diminuição de custos operacionais. Assim sendo, foi contabilizada uma redução de 817 569€ em custos operacionais até final do ano de 2025. De referir que não estão aqui contabilizadas as poupanças obtidas com os operadores de logística, sendo que foi sugerido rever as rotas destes operadores numa próxima oportunidade. A Tabela 13 apresenta

uma projeção monetária das poupanças possíveis de alcançar com a implementação das melhorias propostas e as já implementadas.

Tabela 13 – Projeção das poupanças expectáveis com a implementação das melhorias

Proposta de melhoria	Poupança expectável
Automação MOL	231 535€
Automação EOL	195 776€
Acoplamento do gap filler com a montagem final	177 068€
Redução do tempo de ciclo do posto de pré-montagem	213 190€

## 6.6 Resumo de resultados

Relativamente a poupanças quantificáveis em valor monetário, a implementação das melhorias sugeridas totaliza uma poupança expectável de 817 569€ até fim de vida do projeto.

A Tabela 14 apresenta uma projeção, em percentagem, das melhorias propostas e as já implementadas que não é possível traduzir em valor monetário.

Tabela 14 – Projeção das melhorias alcançadas não monetárias

	Antes	Depois	Melhoria
Tempo de processamento (minutos)	5,5	5,2	5%
Tempo de atravessamento (dias)	7,25	4,42	39%
Rácio de valor acrescentado (%)	0,05	0,08	60%
Eficiência (%)	53,76	65	21%
Produtividade de processos dedicados (uni / h. op)	13,35	19,52	46%
Distancia percorrida por peça (metros)	12,65	0,083	99%
Risco ergonómico GZ (posto pré-montagem)	1	0,85	15%
Risco ergonómico SZ (posto pré-montagem)	0,2	0,1	50%
Taxa de ocupação Gap Filler CBA (%)	60	86	43%
Taxa de ocupação Pré-montagem (%)	88	93	6%
Redução de tempo de espera Gap Filler CBA (%)	23%	0%	100%
Redução de tempo de espera Gap Filler da Bracket (%)	44%	0%	100%
Redução de tempo de espera Montagem Final (P1) (%)	23%	8%	65%

## 7. CONCLUSÕES

No presente capítulo são referidas as conclusões finais deste projeto evidenciando o alinhamento dos resultados obtidos com o inicialmente proposto. Também aqui são feitas algumas sugestões para trabalho futuro na área produtiva do produto M.

A necessidade de desenvolver este projeto prende-se com a necessidade premente de as empresas globais se tornarem cada vez mais competitivas no mercado global. Alinhado com este aumento de competitividade, está o aumento de produtividade, ou seja, fazer mais com menos, eliminando os desperdícios existentes nos processos produtivos.

Terminado este projeto na empresa Aptiv que teve como principal objetivo o aumento de produtividade nos processos produtivos dedicados ao produto M, é possível concluir que o uso sistemático de ferramentas *Lean* é essencial no processo de melhoria contínua.

A aplicação do mapeamento da cadeia de valor foi a base do desenvolvimento desta dissertação. Após identificado o produto, e conhecendo os requisitos do cliente, nomeadamente a quantidade diária, procedeu-se ao desenho do estado atual do processo produtivo. Neste levantamento do estado atual e do seu desenho, foram identificadas oportunidades de melhoria. Tendo em conta estas oportunidades, foi desenhado o estado desejado para o processo produtivo; o VSM futuro. Com base nestas oportunidades e o estado VSM futuro, foi gerada uma lista de ações de forma a atingir o desejado.

A implementação de ações como a instalação de processos de automação, eliminando tarefas que não acrescentam valor, a junção de estações aproveitando os tempos de espera de operadoras ou a transferência de conteúdo de trabalho entre estações, de forma a nivelar os tempos de ciclo entre as mesmas, visando o estado futuro, culminou na obtenção de resultados favoráveis com o aumento de competitividade, sendo eles: a redução de custos operacionais no valor de 817 569€ até o fim do projeto, a eliminação de pontos considerados críticos e passíveis de gerar lesões musco esqueléticas, o aumento da eficiência em 21%, e um aumento de produtividade em cerca de 46% nos processos dedicados a este produto.

Como trabalho futuro, e ainda sobre o tema de aumento de produtividade na cadeia logística, é importante rever as rotas dos operadores de logística. As melhorias implementadas, implicaram a redução de movimentações desnecessárias por parte destes operadores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Academy, A. (2008). Basics in Designing Lean Equipment. In. Aptiv Academy.
- Alves, A., Sousa, R., Dinis-Carvalho, J., & Moreira, F. (2015). Production systems redesign in a lean context: A matter of sustainability. *FME Transactions*, 43, 344-352. doi:10.5937/fmet1504344A
- Aptiv. (2019). Aptiv Presentation. In.
- Ballé, M. (2015). TPS or the Toyota way? Retrieved from <https://www.lean.org/the-lean-post/articles/tps-or-the-toyota-way/>
- Bhatti, M. I., Awan, H., & Razaq, Z. (2014). The key performance indicators (KPIs) and their impact on overall organizational performance. *Quality & Quantity*, 48. doi:10.1007/s11135-013-9945-y
- Bicheno, J., & Holweg, M. (2016). *The Lean Toolbox, 5th edition. A handbook for lean transformation*. BUCKINGHAM: PICSIE Books.
- Bonney, M. C., Zhang, Z., Head, M. A., Tien, C. C., & Barson, R. J. (1999). Are push and pull systems really so different? *International Journal of Production Economics*, 59(1), 53-64. doi:[https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00094-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00094-2)
- Calarge, F., & Davanso, J. (2004). Conceito de Dispositivos à Prova de Erros Utilizados na Meta do Zero Defeito em Processos de Manufatura. *REVISTA DE CIÊNCIA & TECNOLOGIA, 001927\_C&T\_21.book*, 7-18.
- Carreira, B. (2004). *LEAN MANUFACTURING THAT WORKS*: AMACOM.
- Dombrowski, U., Ebentreich, D., & Krenkel, P. (2016). Impact Analyses of Lean Production Systems. *Procedia CIRP*, 57, 607-612. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.105>
- Gosselin, M. (2005). An empirical study of performance measurement in manufacturing firms. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 54(5/6), 419-437. doi:10.1108/17410400510604566
- Haque, B., & James-moore, M. (2004). Applying lean thinking to new product introduction. *Journal of Engineering Design*, 15(1), 1-31. doi:10.1080/0954482031000150125
- Hirano, H., & Talbot, B. (1990). *5=5 Pillars of the visual workplace : the sourcebook for 5S implementation*. Portland: Productivity Press.
- Holman, D. (2005). Book Review: Business Research Methods. *Management Learning*, 36(2), 266-268. doi:10.1177/135050760503600209
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420-437. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.001>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer* (First edition. ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- 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. doi:10.5465/amp.2006.20591002
- Macpherson, W. G., Kavan, H., Lockhart, J. C., & laquinto, A. L. (2015). Kaizen: a Japanese philosophy and system for business excellence. *Journal of Business Strategy*, 36(5), 3-9. doi:10.1108/JBS-07-2014-0083
- Marriott, D. (2019). *Value Stream Mapping*. Aptiv Academy.
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662-673. doi:<https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system : Beyond large-scale production*. Boca Raton: CRC Press.
- Pinto, J. P. (2008). Lean Thinking: Introdução ao pensamento magro. *Comunidade Lean Thinking*, 159.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to see : value-stream mapping to create value and eliminate muda*. Brookline: The Lean Enterprise Institute.

- Shingo, S., Dillon, A. P., & Bodek, N. (1986). *Zero quality control : source inspection and the Poka-yoke system*. Portland: Productivity Press.
- Sjoberg, K. (2020). Automotive Industry Faces Challenges [Connected and Autonomous Vehicles]. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 15(3), 109-112. doi:10.1109/MVT.2020.3005604
- 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. doi:10.1080/00207547708943149
- Womack, J., & Jones, D. (1997). Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148-1148. doi:10.1057/palgrave.jors.2600967
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1992). The machine that changed the world. *Business Horizons*, 35(3), 81-82. doi:[https://doi.org/10.1016/0007-6813\(92\)90074-J](https://doi.org/10.1016/0007-6813(92)90074-J)

## Apêndice 1 – CÁLCULO DE PRODUTIVIDADE

Para o cálculo da produtividade só serão considerados os processos produtivos dedicados ao produto M.

A produtividade de um processo produtivo traduz a quantidade de peças produzidas num período de uma hora, por um operador, sendo calculada através da seguinte equação:

$$Produtividade (Uni/h.op) = \frac{Quantidade}{Tempo * Recursos}$$

Tempo disponível por turno:

$$\text{Tempo disponível por turno} = 8 \text{ horas} = 480 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo de paragens por turno} = 23 \text{ minutos}$$

$$\text{Tempo útil diário de um operador} = 480 - 23 \cong 7,62 \text{ horas}$$

Nos processos dedicados ao produto M, foram identificadas as seguintes quantidades de colaboradores por turno, apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Número de operadores em cada processo produtivo por turno

	<i>Gap Filler CBA</i>	<i>Pré-montagem RSC</i>	<i>Gap Filler da Bracket</i>	<i>Montagem Final</i>	<i>Programação MOL</i>	<i>Testes EOL</i>	<i>Montagem da Blenda CMI</i>	<i>Embalagem</i>
Quantidade de operadores utilizados por turno	1	3	1	6	2	2	2	2

Por turno, são utilizados 19 operadores sendo que, nos 3 turnos em que o produto M esta a laborar representam 57 operadores.

Com uma produção diária de 5800 unidades, é possível calcular a produtividade deste conjunto de processos dedicados.

$$Produtividade = \frac{5800}{7,62 * 57} = 13,35 \text{ uni/h.op}$$

## Apêndice 2 – CÁLCULO DO TAKT TIME

Considerações:

- Procura anual = 1 392 000
- Número de dias considerados por ano = 240 dias
- Tempo disponível por turno para produção = 480 minutos
- Tempo de paragens planeadas (pausa para intervalos 1 e 2 + Tempo para arrumação do posto de trabalho + tempo para ginástica) = 10 + 8 + 2 + 3 = 23 minutos
- Número de turnos disponíveis por dia = 3
- Eficiência operacional (OE) = 96%
- Tempo útil diário = (tempo disponível – tempo paragens planeadas) × OE
- *Takt time* = Tempo útil diário/Procura diária

Procura diária:

$$\text{Procura diária} = \frac{1392000}{240} = 5800 \text{ (unidades)}$$

Tempo disponível por turno:

$$\text{Tempo disponível por turno} = 480 * 60 = 28800 \text{ (seg)}$$

$$\text{Tempo de paragens por turno} = 23 * 60 = 1380 \text{ (seg)}$$

$$\text{Tempo útil por turno} = ((480 * 60) - (23 * 60)) * 96\% = 26323 \text{ (seg)}$$

$$\text{Tempo útil diário (2 turnos)} = 26049 * 2 = 52646 \text{ (seg)}$$

$$\text{Tempo útil diário (3 turnos)} = 26049 * 3 = 78970 \text{ (seg)}$$

*Takt Time*:

$$\text{Takt Time (1 turno)} = \frac{\text{Tempo disponível diário}}{\text{Procura diária}} = \frac{26323}{5800} = 4,5 \text{ (seg)}$$

$$\text{Takt Time (2 turnos)} = \frac{\text{Tempo disponível diário}}{\text{Procura diária}} = \frac{52646}{5800} = 9,1 \text{ (seg)}$$

$$\text{Takt Time (3 turnos)} = \frac{\text{Tempo disponível diário}}{\text{Procura diária}} = \frac{78970}{5800} = 13,6 \text{ (seg)}$$

### Apêndice 3 – CÁLCULO DE CAPACIDADE E TAXAS DE OCUPAÇÃO

A capacidade de um processo produtivo traduz a quantidade de peças que o processo é capaz de produzir num determinado período, e é calculado através da seguinte equação:

$$Capacidade = \frac{\text{tempo útil}}{\text{tempo de ciclo}}$$

A taxa de ocupação de um processo produtivo relaciona a sua capacidade produtiva com a procura, sendo calculada através da seguinte equação:

$$Taxa\ de\ ocupação = \frac{Procura}{Capacidade} * 100\%$$

Sendo assim, como período de tempo foi considerado o tempo útil disponível obtido no cálculo do *Takt time* efetuado no Apêndice 1.

$$\text{Tempo útil diário (3 turnos)} = 26049 * 3 = 78970 \text{ (seg)}$$

Aplicando as equações referidas:

- *Gap Filler* CBA  
 $Capacidade = \frac{78970}{8,17} = 9666$        $Taxa\ de\ ocupação = \frac{5800}{9666} * 100 = 60\%$
- Pré-montagem RSC  
 $Capacidade = \frac{78970}{12} = 6581$        $Taxa\ de\ ocupação = \frac{5800}{6581} * 100 = 88\%$
- *Gap Filler* da Bracket  
 $Capacidade = \frac{78970}{12} = 6581$        $Taxa\ de\ ocupação = \frac{5800}{6581} * 100 = 88\%$
- Montagem Final  
 $Capacidade = \frac{78970}{13} = 6075$        $Taxa\ de\ ocupação = \frac{5800}{6075} * 100 = 95\%$
- Programação MOL  
 $Capacidade = \frac{78970}{11,5} = 6867$        $Taxa\ de\ ocupação = \frac{5800}{6867} * 100 = 84\%$
- Testes EOL  
 $Capacidade = \frac{78970}{10,5} = 7521$        $Taxa\ de\ ocupação = \frac{5800}{7521} * 100 = 77\%$
- Montagem da Blenda CMI  
 $Capacidade = \frac{78970}{12} = 6581$        $Taxa\ de\ ocupação = \frac{5800}{6581} * 100 = 88\%$
- Embalagem  
 $Capacidade = \frac{78970}{9} = 8774$        $Taxa\ de\ ocupação = \frac{5800}{8774} * 100 = 66\%$

## Apêndice 4 – WORK COMBINATION TABLE POSTO DE GAP FILLER CBA

Click on the + sign to enter wait time or change Operator ID # and graph

### Work Combination Table

Project: Situação atual Posto de Gap Filler CBA

Date: 18/mai/21

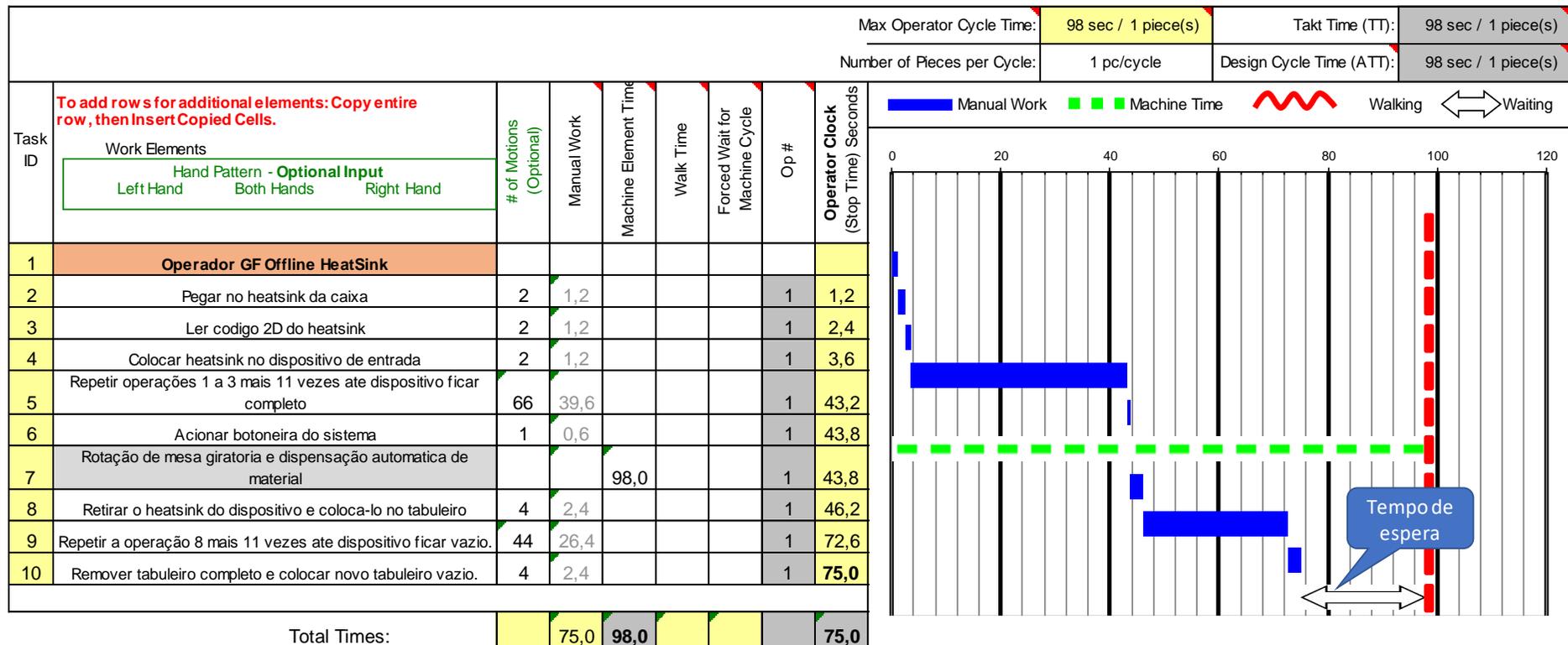


Figura 61 – Work Combination Table posto de Gap Filler CBA

Apêndice 5 – WORK COMBINATION TABLE POSTO DE GAP FILLER DA BRACKET

↑  
Click on the + sign to enter wait time or change Operator ID # and graph

## Work Combination Table

Project: Situação atual posto Gap Filler da Bracket

Date: 16/mar/21

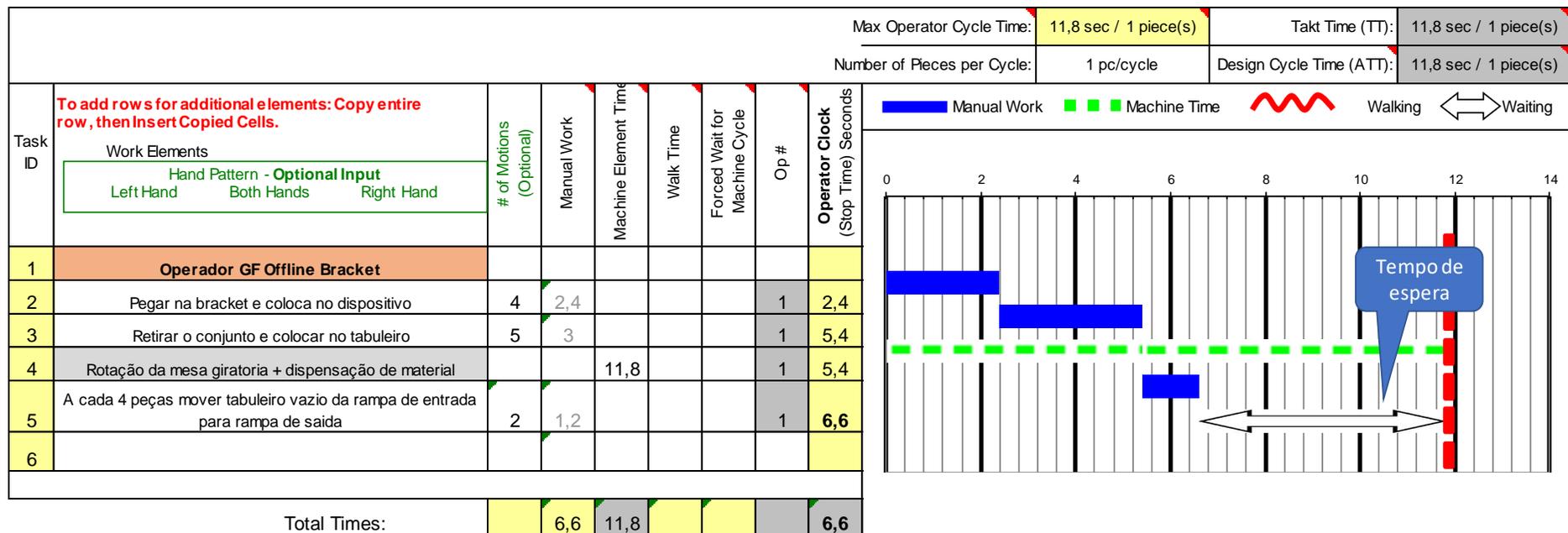


Figura 62 – Work Combination Table posto de Gap Filler da Bracket

## Apêndice 6 – WORK COMBINATION TABLE DO POSTO 1 DA LINHA DE MONTAGEM FINAL

↑  
Click on the + sign to enter wait time or change Operator ID # and graph

### Work Combination Table

Project: **Situação atual posto 1 Montagem Final**

Date: **16/mar/21**

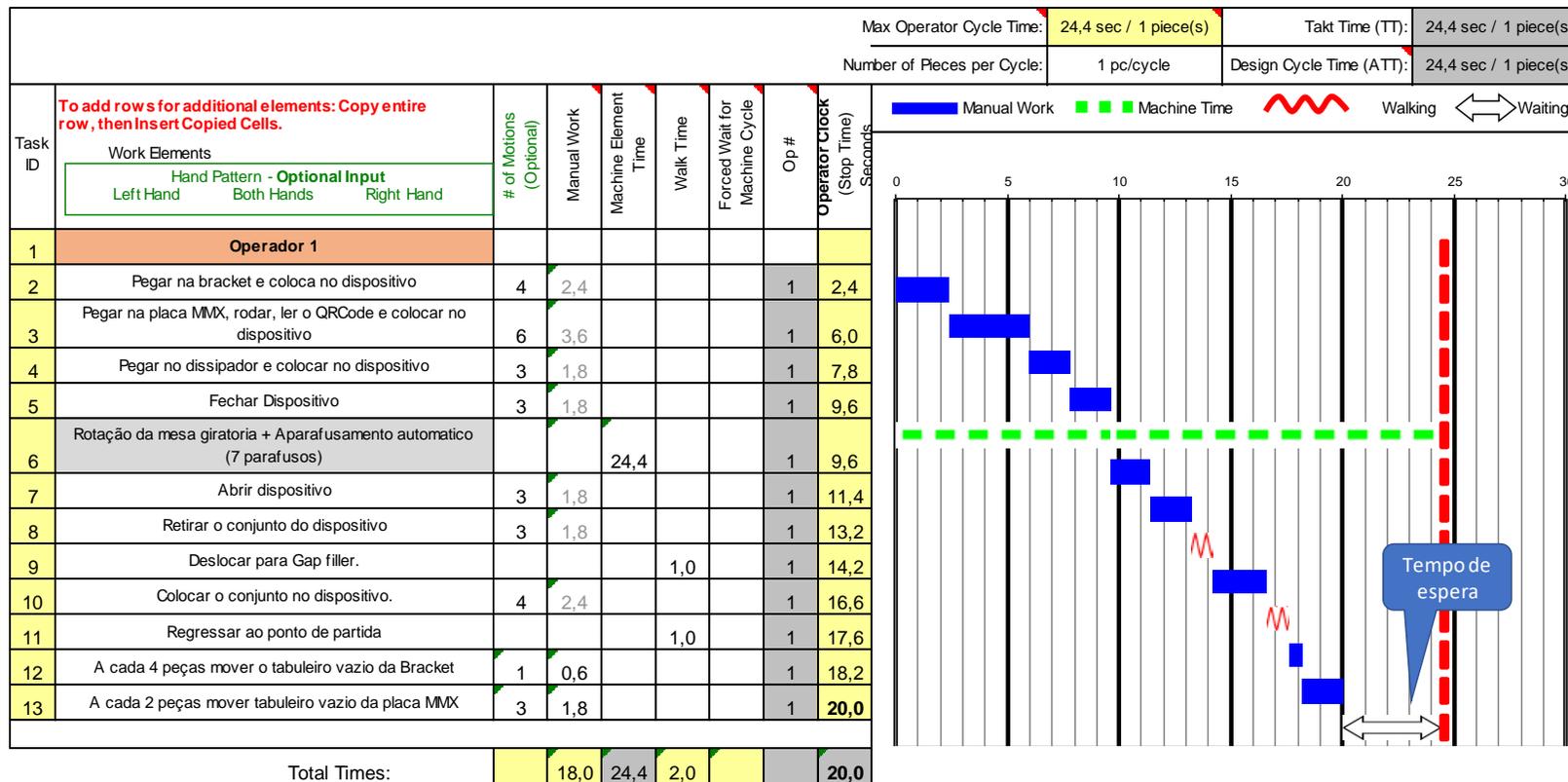


Figura 63 – Work Combination Table posto 1 de montagem final

## Apêndice 7 – CÁLCULO DE DISTÂNCIAS PERCORRIDAS NAS ESTAÇÕES MOL E EOL

Nota: para medição das distâncias foi utilizado o *software Autocad*.

Distância média percorrida na estação de programação MOL:

Como as estações não estão equidistantes dos *conveyors* de entrada e de saída, foram desenhados seis circuitos possíveis, um para cada estação, aqui representados na Figura 64.

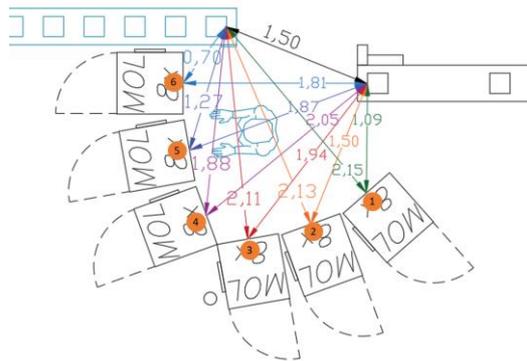


Figura 64 – Circuitos percorridos pela operadora na área programação MOL

Com os valores obtidos nas medições, foi criada a Tabela 16, de forma a calcular a distância média percorrida para de um ciclo de abastecimento.

Tabela 16 – Distâncias percorridas em cada ciclo de abastecimento MOL (metros)

Circuito MOL	Conveyor de entrada Estação de programação	Estação de programação Conveyor de saída	Conveyor de saída Conveyor de entrada	Soma das distâncias percorridas
1	1,09	2,15	1,5	4,74
2	1,5	2,13	1,5	5,13
3	1,94	2,11	1,5	5,55
4	2,05	1,88	1,5	5,43
5	1,87	1,28	1,5	4,65
6	1,81	0,7	1,5	4,01

$$\begin{aligned}
 \text{Média das distâncias percorridas} &= \frac{\sum \text{distâncias percorridas}}{\text{número de circuitos}} \\
 &= \frac{4,74 + 5,13 + 5,55 + 5,43 + 4,65 + 4,01}{6} = 4,92 \text{ metros}
 \end{aligned}$$

A distância média percorrida por um operador num ciclo de abastecimento é de 4,92 metros.

Para a estação de testes EOL foi efetuado o mesmo cálculo usando o mesmo método.

A Figura 65 apresenta os 11 circuitos possíveis na área de testes EOL efetuados pela operadora para abastecimento dos sistemas de teste.

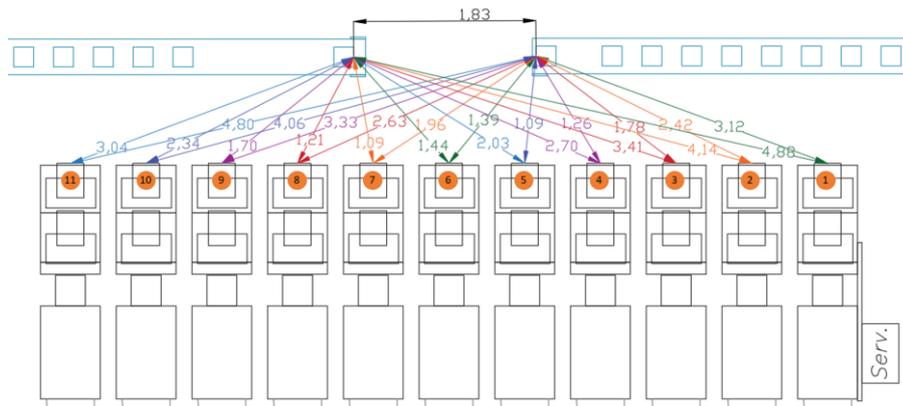


Figura 65 – Circuitos percorridos pela operadora na área de testes EOL

Com os valores obtidos nas medições, foi criada a Tabela 17, de forma a calcular a distância média percorrida de um ciclo de abastecimento.

Tabela 17 – Distâncias percorridas em cada ciclo de abastecimento EOL (metros)

Estação de Teste	Conveyor de entrada Estação de Teste	Estação de Teste Conveyor de saída	Conveyor de saída Conveyor de entrada	Distancia percorrida
1	3,12	4,88	1,83	9,83
2	2,43	4,14	1,83	8,4
3	1,78	3,41	1,83	7,02
4	1,26	2,7	1,83	5,79
5	1,09	2,03	1,83	4,95
6	1,39	1,44	1,83	4,66
2	1,96	1,09	1,83	4,88
3	2,63	1,21	1,83	5,67
4	3,33	1,7	1,83	6,86
5	4,06	2,34	1,83	8,23
6	4,8	3,04	1,83	9,67

$$\begin{aligned}
 \text{Média das distâncias percorridas} &= \frac{\sum \text{distâncias percorridas}}{\text{número de circuitos}} \\
 &= \frac{9,83 + 8,4 + 7,02 + 5,79 + 4,95 + 4,66 + 4,88 + 5,67 + 6,86 + 8,23 + 9,67}{11} \\
 &= 6,91 \text{ metros}
 \end{aligned}$$

A distância média percorrida por um operador num ciclo de abastecimento é de 6,91 metros.

## Apêndice 8 – ICIM AUTOMAÇÃO MOL

PML	Braga	Dokumented by: Jorge Duarte	Calculate savings	Print report	Clear form	Unprotect		
Automação MOL			Choose from list or enter Improvement-tools used:		Enter team-members:			
			Connection Map		Jorge Duarte			
			M&O Utilisation-Chart		Hugo Moreira			
			Takt-Time-Analysis		João Pereira			
					António Barros			
Effective Savings	Year	Month	Implementation-cost	Implementation-Timing		Functional area		
Start	2021	July		Start	End	MfgE - IE		
End	2025	December						
Process (CCET)	Operator c/t	Machine c/t	Floorspace	Investment	BOM	FTQ	Scrap	Uptime
	Dir Labor - Final Asm	Semi-Auto - Adhesive Dispense	sqm sqft				Re-use % of scrapped parts 00%	
Starting condition	1,0 Op. 26,0 sec							
Improved conditio		1,0 Mach. 23,0 sec		140 000,00				
Improvement	26,0 sec	-23,0 sec		-140 000,00				
Volumetable		<input type="checkbox"/> Including Overhead	Savings				Currency: Euro	
Year	Volume	Conversions	Machine-hours	Capital Avoidance	Material	FTQ / Uptime	Floorspace	Total
2021	1 392 000	60 428	-15 076	-140 000				-94 647
2022	1 392 000	122 767	-30 151					92 615
2023	1 392 000	124 971	-30 245					94 726
2024	1 392 000	127 099	-30 336					96 763
2025	592 000	54 980	-12 901					42 079
<b>Total:</b>		<b>490 244</b>	<b>-118 709</b>	<b>-140 000</b>				<b>231 535</b>

Figura 66 – Formulário ICIM processo automação MOL

## Apêndice 9 – ICIM AUTOMAÇÃO EOL

PML	Braga	Dokumented by: Jorge Duarte	Calculate savings	Print report	Clear form	Unprotect			
Automação EOL			Choose from list or enter Improvement-tools used:		Enter team-members:				
			Connection Map		Jorge Duarte				
			M&O Utilisation-Chart		Hugo Moreira				
			Takt-Time-Analysis		João Pereira				
					António Barros				
Effective Savings	Year	Month	Break-even-point		Implementation-cost	Implementation-Timing	Functional area		
Start	2021	October	04 / 2023			Start	End		
End	2025	December					MfgE - IE		
Process (CCET)	Operator c/t	Machine c/t	Floorspace		Investment	BOM	FTQ	Scrap	Uptime
	Dir Labor - Final Asm	Semi-Auto - Adhesive Dispense	⚙️ sqm	🏠 sqft				Re-use % of scrapped parts	00%
Starting condition	1,0 Op.		40,0 sqm						
	26,0 sec								
Improved condition		1,0 Mach.	70,0 sqm		150 000,00				
		21,0 sec							
Improvement	26,0 sec	-21,0 sec	-30,0 sqm		-150 000,00				
Volumetable		<input type="checkbox"/> Including Overhead	Savings				Currency: Euro		
Year	Volume	Conversions	Machine-hours	Capital Avoidance	Material	FTQ / Uptime	Floorspace	Total	
2021	1 392 000	30 214	-6 882	-150 000			-750	-127 418	
2022	1 392 000	122 767	-27 530				-3 000	92 237	
2023	1 392 000	124 971	-27 615				-3 000	94 356	
2024	1 392 000	127 099	-27 698				-3 000	96 401	
2025	592 000	54 980	-11 780				-3 000	40 201	
<b>Total:</b>		<b>460 030</b>	<b>-101 504</b>	<b>-150 000</b>			<b>-12 750</b>	<b>195 776</b>	

Figura 67 – Formulário ICIM processo automação EOL

## Apêndice 10 – ICIM ACOPLAMENTO DO *GAP FILLER* COM A MONTAGEM FINAL

PML	Braga	Dokumented by: Jorge Duarte	Calculate savings	Print report	Clear form	Unprotect		
Acoplamento do Gap Filler Offline da Bracket com a montagem final			Choose from list or enter Improvement-tools used:	Enter team-members:				
			Mockup	Jorge Duarte				
			Work Combination Table	Sérgio Torres				
				João Pereira				
				António Barros				
Effective Savings	Year	Month	Break-even-point in 2021	Implementation-cost	Implementation-Timing		Functional area	
Start	2021	February			Start	End	MfgE - IE	
End	2025	December						
Process (CCET)	Operator c/t Dir Labor - Final Asm	Machine c/t Semi-Auto - Adhesive Dispense	Floorspace sqm sqft	Investment	BOM	FTQ	Scrap Re-use % of scrapped parts 00%	Uptime
Starting condition	1,0 Op. 12,0 sec	1,0 Mach. 12,0 sec						
Improved condition		2,0 Mach. 12,0 sec		3 950,00				
Improvement	12,0 sec	-12,0 sec		-3 950,00				
Volumetable		<input type="checkbox"/> Including Overhead	Savings				Currency: Euro	
Year	Volume	Conversions	Machine-hours	Capital Avoidance	Material	FTQ / Uptime	Floorspace	Total
2021	1 392 000	51 131	-14 420	-3 950				32 761
2022	1 392 000	56 661	-15 731					40 930
2023	1 392 000	57 679	-15 780					41 899
2024	1 392 000	58 661	-15 827					42 833
2025	592 000	25 375	-6 731					18 644
<b>Total:</b>		<b>249 508</b>	<b>-68 490</b>	<b>-3 950</b>				<b>177 068</b>

Figura 68 – Formulário ICIM acoplamento do *Gap Filler* com a Montagem Final

## Apêndice 11 – ICIM REDUÇÃO DO TEMPO DE CICLO DO POSTO DE PRÉ-MONTAGEM

PML	Braga	Dokumented by: Jorge Duarte	Calculate savings	Print report	Clear form	Unprotect		
Redução do tempo de ciclo no posto de pré-montagem da placa RSC			Choose from list or enter Improvement-tools used:		Enter team-members:			
			Mockup		Jorge Duarte			
			Work Combination Table		Sérgio Torres			
					João Pereira			
					António Barros			
Effective Savings	Year	Month	Break-even-point in 2021	Implementation-cost	Implementation-Timing		Functional area	
Start	2021	April			Start	End	MfgE - IE	
End	2025	December						
Process (CCET)	Operator c/t Dir Labor - Final Asm	Machine c/t	Floorspace sqm sqft	Investment	BOM	FTQ	Scrap Re-use % of scrapped parts 00%	Uptime
Starting condition	1,0 Op. 36,0 sec							
Improved condition	1,0 Op. 25,2 sec			3 000,00				
Improvement	10,8 sec			-3 000,00				
Volumetable		<input type="checkbox"/> Including Overhead	Savings				Currency: Euro	
Year	Volume	Conversions	Machine-hours	Capital Avoidance	Material	FTQ / Uptime	Floorspace	Total
2021	1 392 000	37 651		-3 000				34 651
2022	1 392 000	50 995						50 995
2023	1 392 000	51 911						51 911
2024	1 392 000	52 795						52 795
2025	592 000	22 838						22 838
<b>Total:</b>		<b>216 190</b>		<b>-3 000</b>				<b>213 190</b>

Figura 69 – Formulário ICIM posto de pré-montagem da placa RSC

## Anexo 1 – TABELA DE FERRAMENTAS *LEAN*

<i>Lean</i> Tool	What Is It?	How Does It Help?
<b>3S</b>	Segregate - Simplify - Standardize	
<b>5S</b>	The 5Step Process of WPO consisting of Clear, Organize, <i>Clean</i> , Standardize and Continuous Improvement, is a simple yet highly effective set of techniques that remove waste from the work environment through better workplace organization, visual communication and general <i>cleanliness</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establishes an environment that supports the operator.</li> <li>• Provides a standard approach for WPO implementation.</li> <li>• Supports the implementation of common Aptiv and plant visual controls.</li> <li>• Creates ownership within the focus area by engaging the stakeholders</li> </ul>
<b>A3</b>	An A-3 Report lays out an entire plan, large or small, on one sheet of paper in an organized manner. This methodology takes the user through a structured thought process to enhance the problem-solving activity. Additionally, the report is designed to be visual and concise.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Helps employees to organize and present information in an effective and efficient way to enhance organizational communication</li> <li>• Helps clarify ideas and issues being presented by the employee so the manager can ask the employee the right questions to drive the employee in the right direction without specifically telling him what to do.</li> <li>• Creates employee ownership.</li> </ul>
<b>Visual Management (Andon)</b>	Visual feedback system for the plant floor that indicates production status, alerts when assistance is needed, and empowers operators to stop the production process.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acts as a real-time communication tool for the plant floor that brings immediate attention to problems as they occur – so they can be instantly addressed.</li> </ul>
<b>Bottleneck Analysis</b>	Identify which part of the manufacturing process limits the overall throughput and improve the performance of that part of the process.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Improves throughput by strengthening the weakest link in the manufacturing process.</li> </ul>
<b>Connection Maps</b>	Connection Map is a tool used to visually represent the material and information connections between individual machines and processes within a value stream or portion of a value stream.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ability to clearly see material and information flow and operating system characteristics. This allows the establishment of material and information connections between all machines and process segments within a value stream.</li> </ul>
<b>Heijunka (Level Scheduling)</b>	A form of production scheduling that purposely manufactures in much smaller batches by sequencing (mixing) product variants within the same process.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduces lead times (since each product or variant is manufactured more frequently) and inventory (since batches are smaller).</li> </ul>
<b>Jidoka (Autonomation)</b>	Design equipment to partially automate the manufacturing process (partial automation is typically much less expensive than full automation) and to automatically stop when defects are detected.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• After Jidoka, workers can frequently monitor multiple stations (reducing labour costs) and many quality issues can be detected immediately (improving quality).</li> </ul>
<b>Job Element Sheet</b>	The Job Element Sheet (JES) is a tool used to break down and record the work element detail, key points and associated reasons that ensure the successful execution of a work element. The purpose of a Job Element Sheet is to: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Provide detailed training information for new operators.</li> <li>• Bridge the gap between engineering information and shop floor knowledge.</li> <li>• Detail safety, quality and technique key points.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provides the operator a blueprint of how the work element should be done. Eliminates any doubt how to complete a work element.</li> <li>• Details the best-known method.</li> <li>• Can be linked to job training and is typically the first point of reference for a trainer preparing to teach operators how to perform a new work element.</li> </ul>
<b>Just-In-Time (JIT)</b>	Pull parts through production based on customer demand instead of pushing parts through production based on projected demand. Relies on many <i>Lean</i> tools, such as Continuous Flow, Heijunka, Kanban, Standardized Work and Takt Time.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Highly effective in reducing inventory levels. Improves cash flow and reduces space requirements.</li> </ul>
<b>Kaizen (Continuous Improvement)</b>	A strategy where employees work together proactively to achieve regular, incremental improvements in the manufacturing process.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combines the collective talents of a company to create an engine for continually eliminating waste from manufacturing processes.</li> </ul>

<i>Lean</i> Tool	What Is It?	How Does It Help?
<b>Kanban (Pull System)</b>	A method of regulating the flow of goods both within the factory and with outside suppliers and customers. Based on automatic replenishment through signal cards that indicate when more goods are needed.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eliminates waste from inventory and overproduction. Can eliminate the need for physical inventories (instead relying on signal cards to indicate when more goods need to be ordered).</li> </ul>
<b>KPI (Key Performance Indicator)</b>	Metrics designed to track and encourage progress towards critical goals of the organization. Strongly promoted KPIs can be extremely powerful drivers of behaviour – so it is important to carefully select KPIs that will drive desired behaviour.	<ul style="list-style-type: none"> <li>The best manufacturing KPIs:</li> <li>Are aligned with top-level strategic goals (thus helping to achieve those goals)</li> <li>Are effective at exposing and quantifying waste (OEE is a good example)</li> <li>Are readily influenced by plant floor employees (so they can drive results)</li> </ul>
<b>Machine/ Operator Balance</b>	The Machine & Operator Balance and Utilization Chart is a tool that visually displays the relationship between all operator cycle times and machine cycle times for a manufacturing line, cell or area.	<ul style="list-style-type: none"> <li>System benefits: <ul style="list-style-type: none"> <li>Identifies the Actual Takt Time (the longest cycle time machine or operator determines the Actual Takt Time).</li> <li>Visually displays the gap between Actual Takt Time and Takt Time.</li> <li>Identifies resource utilization (both man and machine).</li> <li>Identifies equipment and operator imbalances. Individual equipment and operator benefits: <ul style="list-style-type: none"> <li>Visually displays the machine and operator cycle times by categories</li> <li>Identifies waste reduction opportunities (load/unload time, walk time, wait time).</li> <li>Visually displays where you have excess and insufficient capacity.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
<b>Muda (Waste)</b>	Anything in the manufacturing process that does not add value from the customer's perspective.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eliminating Muda (waste) is the primary focus of <i>Lean</i> manufacturing.</li> </ul>
<b>Natural Cycle Time</b>	Concept of desired cycle time based on dimension and technology of the product. It helps to define at a first stage the minimum capacity incremental times.	
<b>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</b>	Framework for measuring productivity loss for a given manufacturing process. Three categories of loss are tracked: Availability (e.g., down time) Performance (e.g., slow cycles) Quality (e.g., rejects)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Provides a benchmark/baseline and a means to track progress in eliminating waste from a manufacturing process. 100% OEE means perfect production (manufacturing only good parts, as fast as possible, with no down time).</li> </ul>
<b>Preventive Maintenance</b>	A PM Status Board displays the overall PM plan for a department or value stream.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Use PM Status Boards to increase awareness of the area's PM plan and to allow a current state snapshot of maintenance activities and measurements.</li> </ul>
<b>PDCA (Plan, Do, Check, Act)</b>	An iterative methodology for implementing improvements: Plan (establish plan and expected results) Do (implement plan) Check (verify expected results achieved) Act (review and assess; do it again)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Applies a scientific approach to making improvements: Plan (develop a hypothesis) Do (run experiment) Check (evaluate results) Act (refine your experiment; try again)</li> </ul>
<b>Poka-Yoke (Error Proofing)</b>	Design error detection and prevention into production processes with the goal of achieving zero defects.	<ul style="list-style-type: none"> <li>It is difficult (and expensive) to find all defects through inspection, and correcting defects typically gets significantly more expensive at each stage of production.</li> </ul>
<b>Root Cause Analysis</b>	A problem-solving methodology that focuses on resolving the underlying problem instead of applying quick fixes that only treat immediate symptoms of the problem. A common approach is to ask why five times – each time moving a step closer to discovering the true underlying problem.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Helps to ensure that a problem is truly eliminated by applying corrective action to the "root cause" of the problem.</li> </ul>
<b>Standardized Work (Direct and Indirect)</b>	Documented procedures for manufacturing that capture best practices (including the time to complete each task). Must be "living" documentation that is easy to change.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eliminates waste by consistently applying best practices. Forms a baseline for future improvement activities.</li> </ul>
<b>Takt Time</b>	The pace of production (e.g., manufacturing one piece every 34 seconds) that aligns production with customer demand. Calculated as Planned Production Time / Customer Demand.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Provides a simple, consistent, and intuitive method of pacing production. Is easily extended to provide an efficiency goal for the plant floor (Actual Pieces / Target Pieces).</li> </ul>

<i>Lean Tool</i>	What Is It?	How Does It Help?
<b>Single Minute Exchange of Die (SMED)</b>	<p>Reduce setup (changeover) time to less than 10 minutes.</p> <p>Techniques include:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Convert setup steps to be external (performed while the process is running)</li> <li>Simplify internal setup (e.g., replace bolts with knobs and levers)</li> <li>Eliminate non-essential operations</li> <li>Create standardized work instructions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enables manufacturing in smaller lots, reduces inventory, and improves customer responsiveness.</li> </ul>
<b>Value Stream Mapping</b>	<p>A Value Stream Map is a tool used to visually represent the value stream process sequence, material flow and information flow for a product or product family using standard icons. A Current State Map is necessary to understand how the value stream is currently operating. A Future State Map serves as a blueprint for how the value stream will work after improvements and provides a basis for developing the Implementation Plan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Provides a means to visualize process sequence, material flow and information flow for the entire value stream.</li> <li>Facilitates the identification of waste and the sources of waste.</li> <li>Supports the prioritization of continuous improvement activities at the plant and value stream levels.</li> <li>Provides the basis for the development of an overall site improvement plan.</li> </ul>
<b>Work Combination Table</b>	<p>The Work Combination Table is a tool that provides a visual depiction of the relationship between the operator work sequence, machine cycle time and Takt Time.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Helps identify and quantify opportunities for improvement within the job (for example, too much walking or waiting).</li> <li>Identifies potential conflicts between the operator and machine (for example, the operator having to wait for a machine to complete its cycle).</li> </ul>

## Anexo 2 – SIMBOLOGIA DE UM VSM

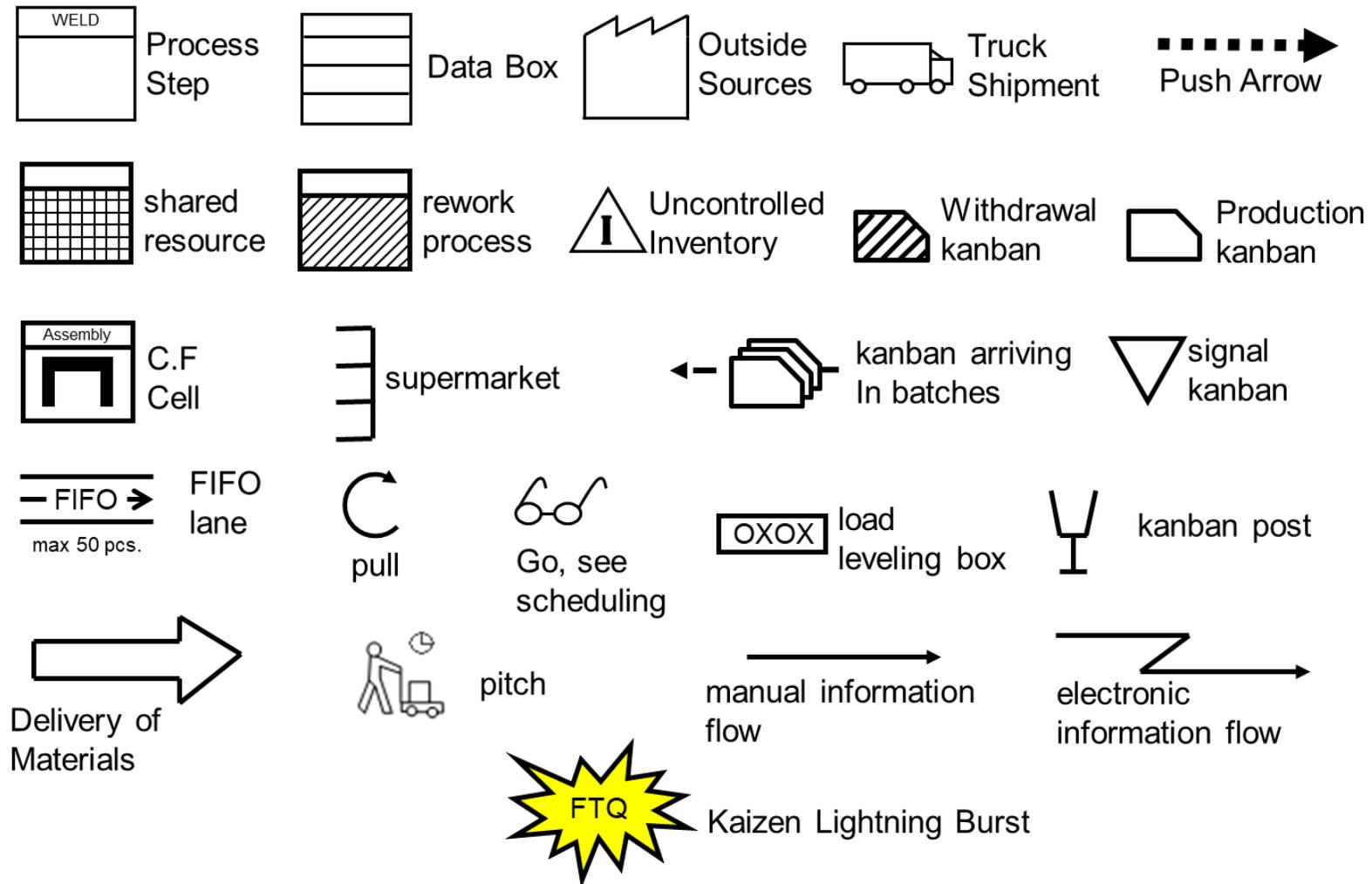


Figura 70 – Simbologia de um VSM (Marriott, 2019)

# MOL automation

## Description:

- Robot pick up the radio from "Product IN" conveyor (this conveyor is loaded by the operator of previous station)
- Robot places the radio on the designated MOL station (software communication between the robot and the MOL programming station define on which station the robot will place the radio depending on availability and compatibility of the station)
- The placement of the programmed radio depends on the process result, "pass" or "fail" signal sent by the MOL station to the robot. If it's a "pass" the radio should be placed on the "Product OUT" conveyor but if it's a "failure" it should be placed on the "To analyses" area (to be defined in the layout).

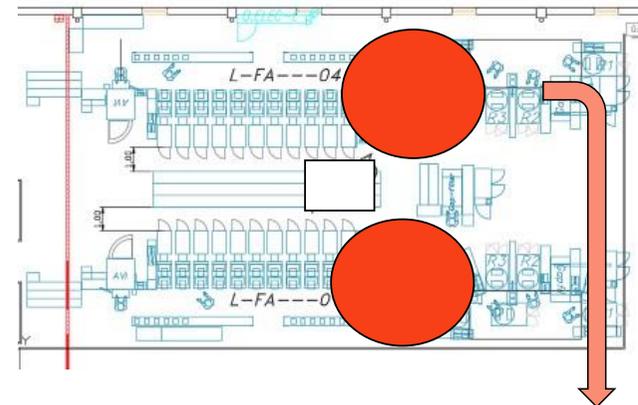
## Expected Savings:

- 1 operator per line, 2 lines, 3 shifts per day (6 operators per 102K€/year)

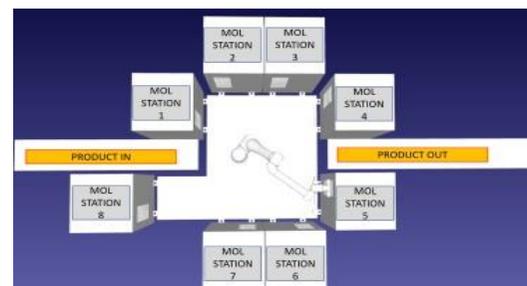
## Spending:

- One robot per line, two lines (148K€)

Final Assembly lines



Future layout – MOL



MIB3 MOL Simulation 3D



Figura 71 – Formulário ICIM processo automação MOL

## Anexo 4 – INSTRUÇÃO DE TRABALHO DO POSTO 1 DA MONTAGEM FINAL (PÁGINAS 1 E 2)

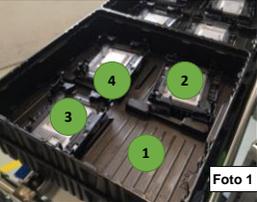
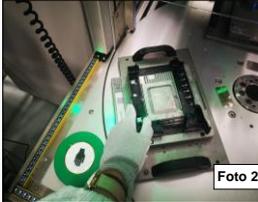
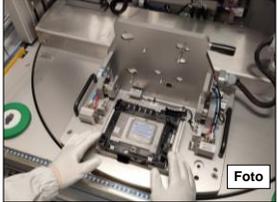
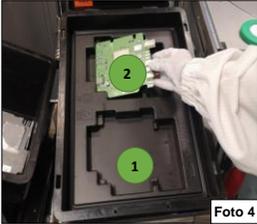
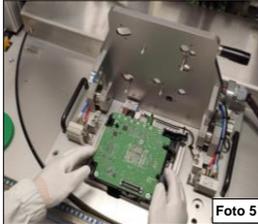
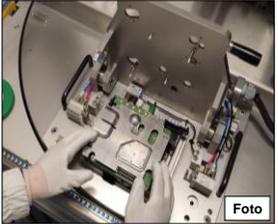
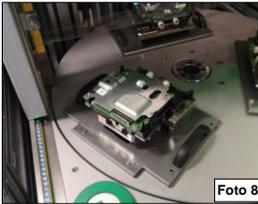
ATIV ADVANCED SAFETY & USER EXPERIENCE										ESEW_5-3_MG-BRG_00-F01_PT					
Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho															
<b>Modelo / Processo:</b> FA.M.P1 <b>Lugar:</b> Final Assembly										Sinalética de Segurança 		<b>Notas Importantes:</b> COLOCAR PARA ANÁLISE EM CASO DE ALGUMA NÃO CONFORMIDADE ANTES DE QUALQUER PAUSA FINALIZAR OS ELEMENTOS DE OPERAÇÃO DESCRITOS			
Job Item Sheet	Task ID	Elements	Mtbon	Manual Work	Mech Time	Walk Time	Golden Zone S/Wa Zone	Golden Zone S/Wa Zone							
	1	Pegar na bracket do tabuleiro e coloca no dispositivo (foto 2) seguir a sequência indicada na foto 1.	4	2,4			1	0,5	       						
	2	Pegar na bracket do GF	3	1,8	11,8										
	3	Rotação da mesa giratoria + dispensação de material													
	4	Deslocar para posto 1				1									
	5	Coloca a bracket no dispositivo (foto 3)	2	1,2											
	6	Pegar na placa MMX, rodar, ler o QRCode e colocar no dispositivo (foto 5). Seguir a sequência indicada na foto 4	6	3,6			1,5	0,5							
	7	Pegar no dissipador e colocar no dispositivo (foto 6)	3	1,8			1	0,5							
	8	Fechar Dispositivo (foto 7)	3	1,8											
	9	Rotação da mesa giratoria + Aparafusamento automatico (7 parafusos)			24,4										
	10	Abrir dispositivo	3	1,8											
	11	Retirar o conjunto do dispositivo	3	1,8											
	12	Deslocar para Gap filler.				1									
	13	Colocar o conjunto no dispositivo. (foto 8)	4	2,4			0,5								
	14	Regressar ao ponto de partida				1									
	15	A cada 4 peças mover o tabuleiro vazio da Bracket	1	0,6			1	1							
	16	A cada 2 peças mover tabuleiro vazio da placa MMX	3	1,8			1	1							
<b>Total</b>				21,0	24,4		0,4	0,2							
Tempo de ciclo operador															
Operação crítica		▼	<b>Atenção</b> <b>No caso da placa MMX conter Mac Label, o operador deve fazer a leitura colocando a mão entre a placa e a bracket!</b> 												
Verificação de qualidade		◆													
Segurança		+													
Características especiais		◇													
Características especiais		∩													
Características especiais		∪													

Figura 72 – Instrução de trabalho do posto 1 da montagem final (página 1)

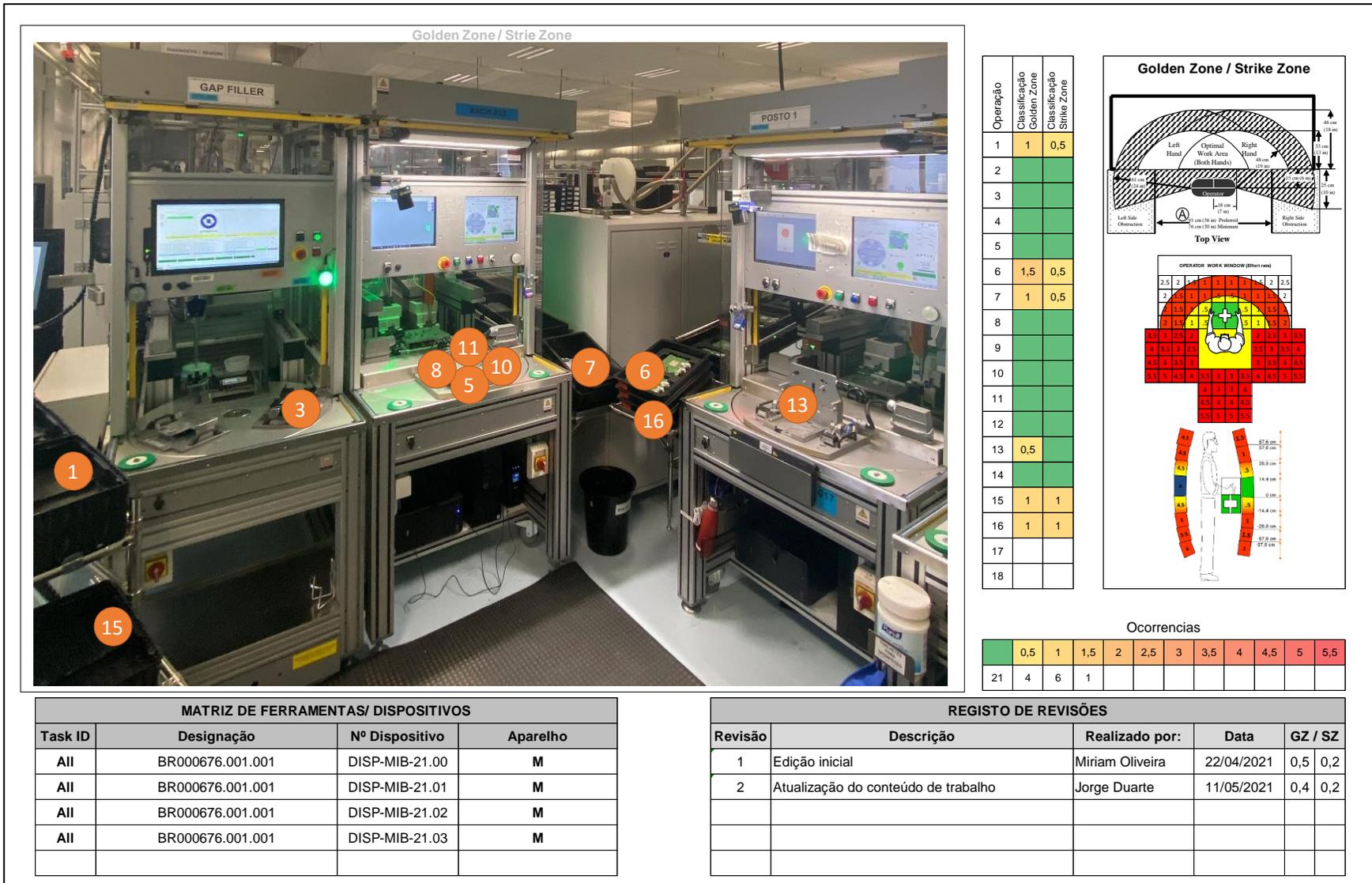
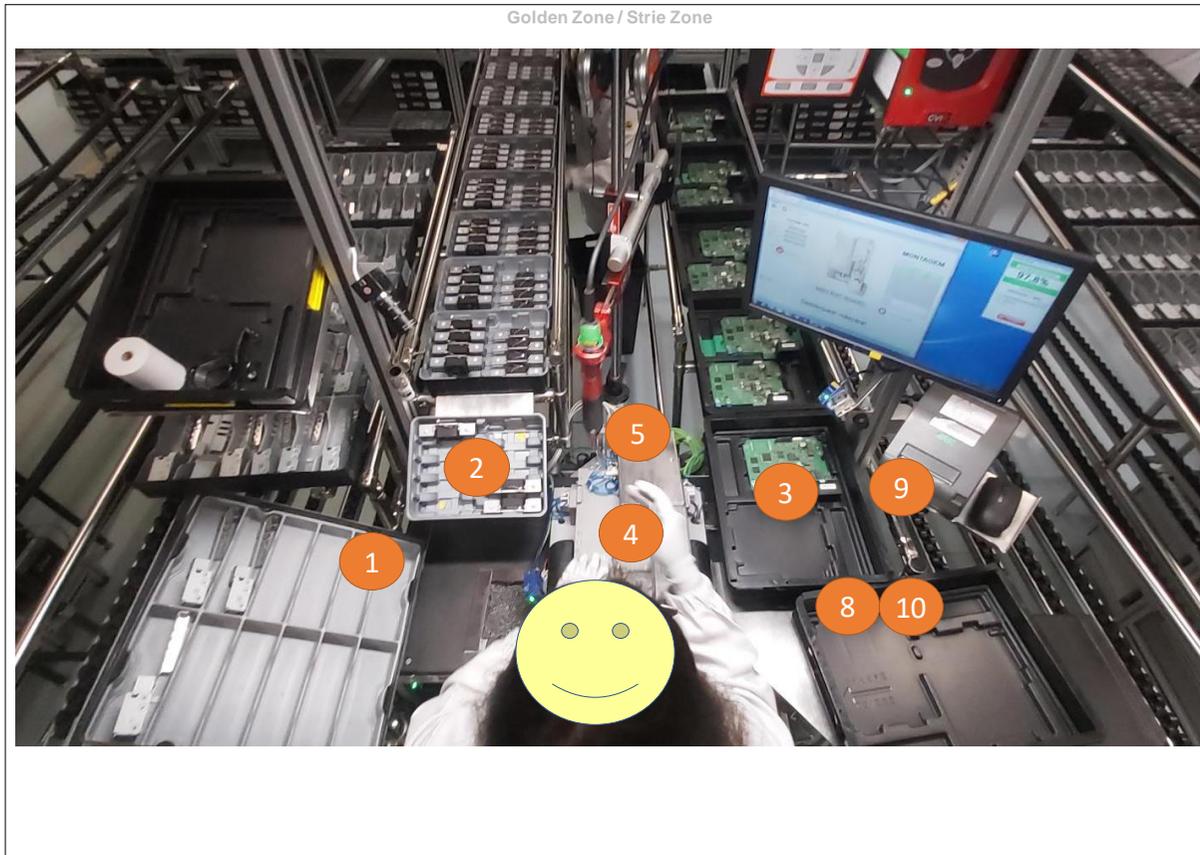


Figura 73 – Instrução de trabalho do posto 1 da montagem final (página 2)

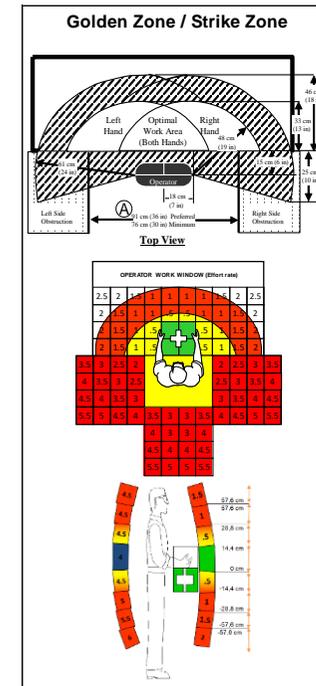
## Anexo 5 – INSTRUÇÃO DE TRABALHO DO POSTO DE PRÉ-MONTAGEM (PÁGINAS 1 E 2)

APTIV ADVANCED SAFETY & USER EXPERIENCE										ESEW_5-3_MG-BRG_00-F01_PT	
Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho											
<b>Modelo / Processo:</b> CBA.M.SUB-ASSEMBLY.RSC <b>Lugar:</b> Posto 1										Sinalética de Segurança	
										<b>Notas Importantes:</b> <div style="background-color: #ffff00; padding: 2px; text-align: center; margin-bottom: 5px;">                     COLOCAR PARA ANÁLISE EM CASO DE ALGUMA NÃO CONFORMIDADE                 </div> <div style="background-color: #ffff00; padding: 2px; text-align: center;">                     ANTES DE QUALQUER PAUSA FINALIZAR OS ELEMENTOS DE OPERAÇÃO DESCRITOS                 </div>	
Job/Item Sheet	Task ID	Elements	Motion	Manual Work	Mach Time	Walk Time	Golden Zone Sine Zone	Golden Zone Sine Zone			
	1	Pegar na backplate do tabuleiro e colocar no dispositivo (FOTO 1)	3	1,8			1	0,5			
	2	Pegar no conjunto heatsink+ventoinha e colocar no dispositivo (FOTO 2)	3	1,8			1	0,5			
	3	Pegar na placa e colocar no dispositivo deixando o cabo da ventoinha por fora (FOTO 3)	5	3,0			1				
	4	Encaixar a ficha da ventoinha na placa (FOTO 4)	8	4,8							
	5	Fechar máscara de aparafusamento (FOTO 5)	3	1,8							
	6	Aparafusar 2x (FOTO 6)	10	6,0	6						
	7	Abrir máscara de aparafusamento (FOTO 7)	2	1,2							
	8	Retirar conjunto e colocar no tabuleiro (FOTO 8)	5	3,0			1				
	9	Após encher tabuleiro, retirar etiqueta da impressora e colocar no tabuleiro (FOTO 9)	2	1,2			1				
	10	Enviar tabuleiro para a rampa	2	1,2			1,5				
	11										
	12										
	13										
	14										
	15										
	16										
Total				25,8	6		0,7	0,1			
Tempo de ciclo operador											
Operação crítica		▼	<b>Atenção</b> Ter em atenção ao encaixar a ficha da ventoinha na placa de forma a não danificar componentes.								
Verificação de qualidade		◆									
Segurança		+									
Características especiais		◇									
Características especiais		◁									
Características especiais		⊙									

Figura 74 – Instrução de trabalho do posto de pré-montagem da placa RSC (página 1)



Operação	Classificação Golden Zone	Classificação Strike Zone
1	1,5	0,5
2	1	0,5
3	1	
4		
5	0,5	
6		
7		
8	1,5	
9	1,5	
10	1,5	
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		



Ocorrências

	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
11	3	2	4								

MATRIZ DE FERRAMENTAS/ DISPOSITIVOS			
Task ID	Designação	Nº Dispositivo	Aparelho
All	DISP-M-10.00	10.00	M

REGISTO DE REVISÕES				
Revisão	Descrição	Realizado por:	Data	GZ / SZ
1	Edição inicial	Marisa Gomes	22/01/2021	0,5 0,1
2	Atualização de conteúdo de trabalho / template	Jorge Duarte	21/06/2021	0,9 0,1

Figura 75 – Instrução de trabalho do posto de pré-montagem da placa RSC (página 2)

## Anexo 6 – INSTRUÇÃO DE TRABALHO DO POSTO DE *GAP FILLER* CBA (PÁGINAS 1 E 2)

APTIV ADVANCED SAFETY & USER EXPERIENCE							ESEW_5-3_MG-BRG_00-F01_PT	
Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho								
Modelo / Processo: CBA.M.Heatsink/Fan						Notas Importantes: <div style="background-color: yellow; padding: 2px; text-align: center;">COLOCAR PARA ANÁLISE EM CASO DE ALGUMA NÃO CONFORMIDADE</div> <div style="background-color: yellow; padding: 2px; text-align: center;">ANTES DE QUALQUER PAUSA FINALIZAR OS ELEMENTOS DE OPERAÇÃO DESCRITOS</div> 		
Lugar: Gap Filler		Sinalética de Segurança						
Job Bsm. Sheet	Task ID	Elements	Motion	Manual Work	Mach Time	Walk Time	Golden Zone Strike Zone	Golden Zone Strike Zone
	1	Pegar no heatsink da caixa (Foto 1)	2	1,2			1	0,5
	2	Ler código 2D do heatsink (Foto 2)	2	1,2			1	0,5
	3	Pegar na ventoinha e ler o código 2D (Fotos 3 e 4)	5	3,0			0,5	1
	4	Montar ventoinha no heatsink	4	2,4			1	0,5
	5	Colocar o conjunto no tableiro de acordo com a ordem indicada na figura (o cabo da ventoinha deve ficar deitado sobre a superfície da ventoinha conforme ilustrado na foto) (Fotos 5 e 6)	5	3,0			1	0,5
	6	Repetir as tarefas anteriores até preencher todos os espaços no tableiro (Foto 6)	126	75,6				
	7	Colocar o tableiro preenchido no gap filler (Foto 7)	5	3,0			0,5	
	8	Pressionar botão de arranque (Foto 8)	2	1,2				
	9	Rotação de mesa giratoria e dispensação automática de material			66			
	10	Quando a máquina acabar de executar, remover tabuleiro pronto e colocar no carrinho (Foto 9)	5	3,0			1	
	11							
	12							
	13							
Total				93,6	66		0,6	0,3
Tempo de ciclo operador								
Operação crítica								
Verificação de qualidade								
Segurança								
Características especiais								
Características especiais								
Características especiais								

**Nota 1**



Não colocar heatsinks nas zonas marcadas com autocolantes!

**Nota 2**



O cabo da ventoinha deve ficar assentado sobre a superfície da ventoinha!



Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4



Foto 5



Foto 6



Foto 7



Foto 8



Foto 9

Figura 76 – Instrução de trabalho do posto de *Gap Filler* CBA (página 1)

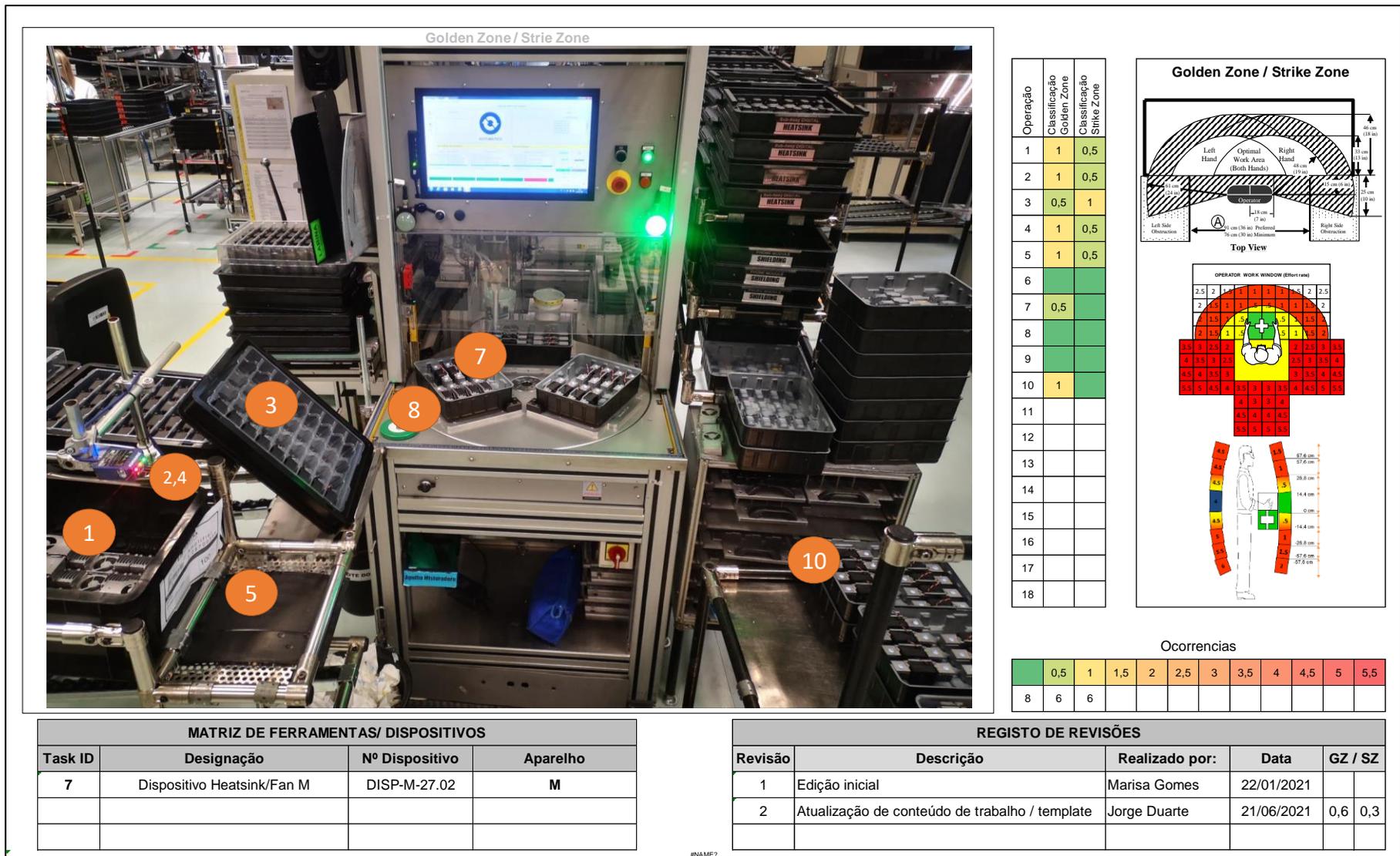


Figura 77 – Instrução de trabalho do posto de *Gap Filler* CBA (página 2)