



**NOVA**  
NOVA SCHOOL OF  
SCIENCE & TECHNOLOGY

DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA MECÂNICA E INDUSTRIAL

TOMÁS MOREIRA GATO RIBEIRO

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

# CONSTRUÇÃO DE UMA OBEYA ROOM PARA A IDENTIFICAÇÃO E TRATAMENTO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIA NA VISTEON CORP

DISSERTAÇÃO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM  
ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Universidade NOVA de Lisboa

Setembro, 2022





# CONSTRUÇÃO DE UMA OBEYA ROOM PARA A IDENTIFICAÇÃO E TRATAMENTO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIA NA VISTEON CORP

**TOMÁS MOREIRA GATO RIBEIRO**

Licenciado em Ciências da Engenharia e Gestão Industrial

**Orientador** Professor Doutor Rogério Puga Leal  
Professor Associado, Universidade NOVA de Lisboa

**Coorientador:** Professor Doutor Radu Godina  
Professor Auxiliar Convocado, Universidade NOVA de Lisboa

**Júri:**

**Presidente:** Professora Doutora Isabel Maria do Nascimento  
Lopes Nunes  
Professora Associada com Agregação, Universidade NOVA de Lisboa

**Vogais:** Professora Doutora Susana Carla Vieira Lino  
Medina Duarte,  
Professora Auxiliar, Universidade NOVA de Lisboa  
Professor Doutor Rogério Salema Araújo Puga Leal,  
Professor Associado, Universidade NOVA de Lisboa



**Construção de uma Obeya Room para a Identificação e tratamento de oportunidades de melhoria na Visteon Corp**

Copyright © Tomás Ribeiro, NOVA School of Science and Technology, NOVA University Lisbon.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia NOVA e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e divulgar através de repositórios científicos e admitir a sua cópia e distribuição para fins não comerciais, educacionais ou de pesquisa, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



# Agradecimentos

Começo por deixar um agradecimento à instituição de ensino que me acolheu e formou durante cinco anos inesquecíveis, um muito obrigado à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa. Um agradecimento especial ao Professor Rogério Puga Leal e ao Professor Radu Godina, por toda a orientação e disponibilidade demonstrada ao longo da elaboração desta dissertação.

Agradeço à empresa Visteon Portuguesa Lda que me acolheu e me acompanhou na realização do meu estágio. Sempre demonstrou uma enorme dedicação e disponibilidade em criar um ambiente propício à formação profissional. Um agradecimento a todos os colaboradores com quem tive a oportunidade de trabalhar, com especial agradecimento ao meu orientador de estágio, Eduardo Salgado, coordenador da equipa de melhoria contínua e a todos os membros desta equipa, que contribuíram para que eu pudesse desenvolver o meu projeto.

Por fim, um agradecimento a toda a minha família que desde sempre investiu na minha formação, namorada e amigos que sempre demonstraram o seu apoio.



## RESUMO

Num mundo que ainda sofre dos efeitos da pandemia, é cada vez mais importante para as empresas otimizarem as suas operações de modo a garantirem a sua sustentabilidade. Deste modo, as empresas têm vindo a abraçar a filosofia *lean* de modo a tornarem as suas operações mais eficientes sem ter que recorrer a grandes investimentos.

Neste sentido, a empresa Visteon Corp, produtora de produtos eletrónicos para automóveis, pretende construir um espaço físico onde estejam ilustradas as principais métricas chave da fábrica e utilizá-las para avaliar o desempenho das suas linhas de produção. Desta forma, esta dissertação é desenvolvida em torno de um estudo de caso associado à construção de uma *Obeya Room* que, com o auxílio de ferramentas *lean* e seguindo a lógica do ciclo *PDCA*, facilite a identificação e tratamento de oportunidades de melhoria no chão de fábrica. Pretende-se com este estudo avaliar a contribuição de uma *Obeya Room* em projetos de melhoria contínua no contexto industrial.

Os resultados da construção da *Obeya Room* demonstraram que a ilustração de objetivos e do fluxo produtivo permitiram a rápida identificação de desperdício no chão de fábrica, o que levou ao desenvolvimento de um modelo de padronização de inventário em linhas SMT e permitiu uma redução em 0,5% de inventário na linha de produção.

**Palavras chave:** *Obeya Room*, *lean*, ciclo *PDCA*, melhoria contínua



## ABSTRACT

In a world still suffering from the effects of the pandemic, it is increasingly important for companies to optimize their operations in order to guarantee their sustainability. In this way, companies have been embracing the lean philosophy in order to make their operations more efficient without having to resort to large investments.

In this sense, the company Visteon Corp, producer of electronic products for cars, intends to build a physical space illustrating the plant's key metrics and use them to evaluate the performance of its production lines. In this way, this dissertation is developed around a case study associated with the construction of an Obeya Room that, with the aid of lean tools and following the logic of the PDCA cycle, facilitates the identification and treatment of opportunities for improvement on the shop floor. The aim of this study is to evaluate the contribution of an Obeya Room in continuous improvement projects in the industrial context.

The results of the construction of the Obeya Room demonstrated that the illustration of objectives and the productive flow allowed the quick identification of waste on the factory floor, which led to the development of an inventory standardization model in SMT lines and allowed a reduction in 0.5% inventory on the production line.

**Keywords:** Obeya Room, lean, PDCA cycle, continuous improvement



# ÍNDICE

## Conteúdo

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1	Enquadramento do estudo .....	1
1.2	Objetivos do estudo .....	2
1.3	Encadeamento lógico da estrutura da dissertação.....	2
1.4	Divisão da dissertação por capítulos.....	4
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>7</b>
2.1	Lean .....	7
2.1.1.	Conceitos associados à filosofia Lean .....	7
2.1.2.	Aplicação dos princípios Lean através da construção de VSMS.....	16
2.1.3.	Lean na indústria eletrónica automóvel.....	22
2.2	PDCA .....	22
2.2.1.	Kaizen e o ciclo PDCA .....	23
2.2.2.	O Ciclo PDCA .....	23
2.2.3.	Aplicação do ciclo PDCA.....	26
2.3	Obeya Room.....	30
2.3.1.	O conceito Obeya Room .....	30
2.3.2.	Estudos acerca de construção de Obeya Rooms.....	32
2.5.	Análise de literatura.....	38
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>41</b>

3.1. Indústria automóvel.....	41
3.2. Empresa Visteon Corp. ....	42
3.2.1. Manufatura na Visteon Corp .....	43
3.3. Proposta do modelo de construção da <i>Obeya Room</i> .....	44
3.4. Construção da <i>Obeya Room</i> : Ilustração de objetivos, métricas e fluxo produtivo. ....	45
3.4.1. Hoshin Kanri.....	45
3.4.2. KPIs.....	47
3.4.3. VSM global.....	50
3.4.4. VSMs do produto escolhido .....	57
<b>4 CONSTRUÇÃO DA OBEYA ROOM: IDENTIFICAÇÃO E TRATAMENTO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIA .....</b>	<b>65</b>
4.1. Identificação das oportunidades de melhoria.....	65
4.2. Tratamento de dados, planeamento e análise da melhoria.....	68
4.2.1. Revisão de POU: Placas PCB .....	68
4.2.2. Revisão de POU: reels.....	71
4.3. Implementação da melhoria.....	78
4.4. Registo dos resultados.....	81
4.5. Análise e comparação entre o cenário planeado e o cenário real. ....	82
4.6. Padronização e documentação da melhoria .....	83
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>85</b>
5.1. Análise final dos resultados.....	85
5.2. Proposta de estudos futuros.....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Encadeamento lógico para a estruturação da dissertação .....	3
Figura 2.1 - Designação de atividades com e sem valor acrescentado.....	10
Figura 2.2 - Exemplo de VSM.....	13
Figura 2.3 - Ícones utilizados em VSMS . .....	14
Figura 2.4 - Processo de construção da matriz <i>Hoshin Kanri</i> .....	15
Figura 2.5 - VSM do estado corrente (Fonte: Rahani e al-Ashraf (2012)). .....	17
Figura 2.6 - VSM do estado corrente (Fonte: Klimecka-Tatar (2017)). .....	19
Figura 2.7 - VSM do estado futuro (adaptado de Klimecka-Tatar (2017)). .....	20
Figura 2.8 - Diagrama de fluxo da metodologia de desenvolvimento do projeto (adaptado de Rahmanasari, Sutopo, e Rohani 2021). .....	20
Figura 2.9 - Diagrama de <i>Pareto</i> dos desperdícios encontrados (adaptado de Rahmanasari, Sutopo, e Rohani 2021). .....	21
Figura 2.10 - Fases do ciclo <i>PDCA</i> . .....	25
Figura 2.11 - Interação entre os ciclos <i>PDCA</i> e <i>SDCA</i> . .....	25
Figura 2.12 - Plano de ação (adaptado de Nguyen et al. (2020)). .....	27
Figura 2.13 - Fluxograma da aplicação do ciclo <i>PDCA</i> (adaptado de Jiang et al. (2021)). ..	29
Figura 2.14 - Ilustração da fusão entre o ciclo <i>PDCA</i> e a <i>Obeya Room</i> .....	32
Figura 2.15 - Proposta de <i>Obeya Room</i> (adaptado de Alaassar (2017).). .....	34
Figura 2.16 - <i>Obeya Room</i> construída (retirado de Alaassar (2017).). .....	34
Figura 2.17 - Proposta de <i>Obeya Room</i> digital (adaptado de Nascimento et al. 2018). .....	35
Figura 2.18 - Modelo 3D de apoio à tomada de decisão (retirado de Nascimento et al. (2018)). .....	36
Figura 2.19 - Diagrama de planeamento dos “ <i>loops</i> ” (retirado de Canonico et al. (2018)).	37
Figura 3.1 - Estrutura organizacional Visteon Corp. ....	42
Figura 3.2 - Proposta de <i>Obeya Room</i> para o estudo de caso. ....	45
Figura 3.4 - Identificação de <i>KPIs</i> ( <i>OEE</i> ).....	48
Figura 3.5 - Identificação de <i>KPIs</i> ( <i>Scrap</i> ).....	49
Figura 3.6 - Identificação de <i>KPIs</i> (inventário) .....	49

Figura 3.7 - Modelo de caixa de dados para processos logísticos .....	51
Figura 3.8 - Modelo de caixa de dados para linhas de produção.....	52
Figura 3.9 - Ilustração 3D do MRA montado.....	53
Figura 3.10 - Ilustração 3D da vista explodida do MRA.....	54
Figura 3.11 - Representação das linhas de produção do MRA no VSM global.....	56
Figura 3.12 - Modelo de caixa de dados para processos nas linhas de produção do MRA ...	58
Figura 3.13 - Layout da linha 4 do <i>Board Prep</i> .....	60
Figura 3.14 - Layout da linha 12 do <i>Final Assembly</i> .....	63
Figura 4.1 - Identificação de melhoria na máquina MPM (SMED) .....	66
Figura 4.2 - Identificação de melhoria nos <i>POUs</i> .....	67
Figura 4.3 - Identificação de melhoria para <i>WIP</i> .....	67
Figura 4.4 - Estimativa da poupança em euros.....	70
Figura 4.5 - <i>Setup</i> de <i>reels</i> nas máquinas insersoras .....	72
Figura 4.6 - <i>Kaizen</i> da implementação da melhoria .....	84

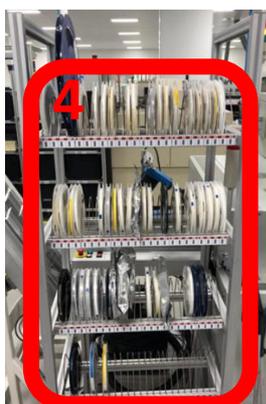
## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Tabela resumo de artigos revistos sobre construção de VSMs .....	17
Tabela 2.2 - Tabela resumo de artigos revistos sobre aplicação do ciclo PDCA.....	26
Tabela 2.3 - Comparação entre o cenário anterior e posterior à aplicação do ciclo PDCA (adaptado de Jiang et al. (2021)) .....	30
Tabela 2.4 - Tabela resumo de artigos revistos sobre aplicação do conceito de Obeya Room	33
Tabela 2.5 - Atividades a desempenhar em cada “loop” (adaptado de Canonico et al. (2018))	38
Tabela 2.6 - Comparação de artigos revistos.....	39
Tabela 4.1 - Dados dos <i>PartNumbers</i> das PCBs .....	69
Tabela 4.2 - Tratamento de dados das PCBs .....	70
Tabela 4.3 - Número de <i>slots</i> a atribuir a cada <i>PartNumber</i> de PCBs .....	70
Tabela 4.4 - “FIFO_Qty” para o <i>PartNumber</i> PTBA0046AA.....	72
Tabela 4.5 - Setup para o <i>PartNumber</i> PTBA0046AA .....	73
Tabela 4.6 - Setup por máquina e total no setor <i>top</i> para o <i>PartNumber</i> PTBA0046AA .....	73
Tabela 4.7 - Setup por máquina e total no setor <i>bottom</i> para o <i>PartNumber</i> PTBA0046AA.....	73
Tabela 4.8 - Cadência horária das máquinas insersoras.....	74
Tabela 4.9 - Consumo de componentes para o <i>PartNumber</i> PTBA0046AA .....	75
Tabela 4.10 - Consumo de reels para o <i>PartNumber</i> PTBA0046AA.....	75
Tabela 4.11 - Número de <i>slots</i> atribuídas para o <i>PartNumber</i> PTBA0046AA.....	76
Tabela 4.12 - Utilização de reels em linha para o <i>PartNumber</i> PTBA0046AA .....	76
Tabela 4.13 - Número de <i>slots</i> propostas para o <i>PartNumber</i> PTBA0046AA .....	76
Tabela 4.14 - Slots a retirar e poupança estimada para o <i>PartNumber</i> PTBA0046AA .....	77
Tabela 4.15 - Poupança estimada total com a redução de slots.....	78
Tabela 4.16 - Implementação da melhoria no POU das PCBs .....	79
Tabela 4.17 - implementação da melhoria nos POU de componentes.....	80
Tabela 4.18 - Registo de falta de PCBs no POU das placas .....	81
Tabela 4.19 - Registo de falta de reels no POU das reels .....	81

Tabela 4.20 - Resultados registrados para a falta de <i>PCBs</i> no <i>POU</i> das placas .....	82
Tabela 4.21 - Resultados registrados para a falta de reels no <i>POU</i> das reels .....	83

## GLOSSÁRIO

#	Termo	Definição
1	Reel	Rolo composto por o mesmo PartNumber de componente eletrônico
2	PartNumber	Identificador de uma peça ou material particular utilizado na indústria
3	Feeder	Elo de ligação entre a reel e a máquina
4	POU	Zona de armazenagem de matéria prima localizada no chão de fábrica
5	Slot	Célula de armazenamento nos POU's
6	Stencil	Base utilizada na máquina de aplicação de pasta de solda (MPM)
7	Board Prep/BP	Área dedicada à produção e testagem de PCBs utilizando o método de SMT
8	Final Assembly/FASSY/FA	Área dedicada à montagem do produto final





## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BTS - Built to Schedule  
BWS - Budget Work Standard  
CIM - Computer Integrated Manufacturing  
CWS - Current Work Standard  
ERP - Enterprise Resource Planning  
FGI - Finished Goods Inventory  
FIFO - First In First Out  
FMEA - Failure Mode and Effect Analysis  
FTT - First Time Through  
IRR - Internal Rate of Return  
KPI - Key Performance Indicator  
LPD - Lean Production Development  
MARS - Material Auto - Request System  
MDA - Manufacturing Defect Analyzer  
MES - Manufacturing Execution Systems  
MIR - Mobile Industrial Robot  
NNVA - Necessary Non Value Added  
NPV - Net Present Value  
NVA - Non Value Added  
OEE - Overall Equipment Efficiency  
PAM - Process Activity Mapping  
PCB - Printed Circuit Board  
PDCA - Plan DO Check Act  
PI - Profitability Index  
POU - Point Of Use  
QAD - Quality Application Delivery  
RAC - Robotic Arm Cell  
SMED - Single Minute Exchange of Die  
SMT - Surface Mount Technology  
SPI - Solder Paste Inspection  
VA - Value Added  
VALSAT - Value Stream Analysis Tool  
VSM - Value Stream Mapping  
WAQ - Waste Assessment Questionnaire  
WIP - Work In Progress  
WPI - Work Place Integration  
WRM - Waste Relationship Matrix



# INTRODUÇÃO

A dissertação apresentada trata-se dum estudo de caso realizado na Visteon Corp (empresa produtora de *displays* e outros dispositivos eletrónicos para automóveis) e associado a um projeto no âmbito de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Este primeiro capítulo tem o principal intuito de enquadrar o leitor com a dissertação. Serão apresentados os objetivos e a forma como foi construída a dissertação.

## 1.1 Enquadramento do estudo

Devido às elevadas e crescentes exigências do mercado automóvel e à crise na indústria de semicondutores, a Visteon depara-se, diariamente, com problemas operacionais. De modo a corresponder à procura dos seus clientes, apesar dos diversos constrangimentos causados pelos seus fornecedores, esta empresa tem vindo a adotar a filosofia *lean* para otimizar as suas atividades. Esta filosofia *Lean* prova ser eficaz na indústria automóvel, uma vez que a sua aplicação tem demonstrado uma melhoria de processos e uma colaboração maior entre clientes e fornecedores nesta indústria (Santos, Vieira, e Balbinotti 2015). Com o intuito de adotar o *Lean* como sistema de gestão da qualidade na empresa, a construção de uma *Obeya Room* surgiu como projeto piloto, não só para a gestão de projetos de melhoria contínua, mas também para a discussões técnicas sobre problemas nas linhas de produção (Aasland e Blankenburg 2012). Nesta dissertação é relatada a construção da *Obeya Room* na Visteon Corp.

## 1.2 Objetivos do estudo

Como sugerido no título desta dissertação, o principal objetivo será de construir uma *Obeya Room* para a identificação e tratamento de oportunidades de melhoria.

Para tal, pretende-se a criação de um modelo de *Obeya Room*, que terá por base, não só a literatura existente sobre este conceito, mas também os princípios *Lean* e a lógica do ciclo *PDCA*. Depois de proposto o modelo, pretende-se validá-lo através da identificação e tratamento de uma oportunidade de melhoria na empresa. Espera-se encontrar resultados significativos provenientes da implementação dessa melhoria e averiguar a contribuição da *Obeya Room* nesse processo. Com esses resultados poder-se-á concluir se o modelo proposto será ou não viável para este ramo da indústria automóvel e poderá incentivar outros autores a criarem novos modelos de *Obeya Room*.

## 1.3 Encadeamento lógico da estrutura da dissertação

O esquema apresentado na figura 1.1 representa o encadeamento lógico de ideias para a estruturação da dissertação, bem como as ferramentas que foram utilizadas em cada fase e a descrição dessas mesmas fases.

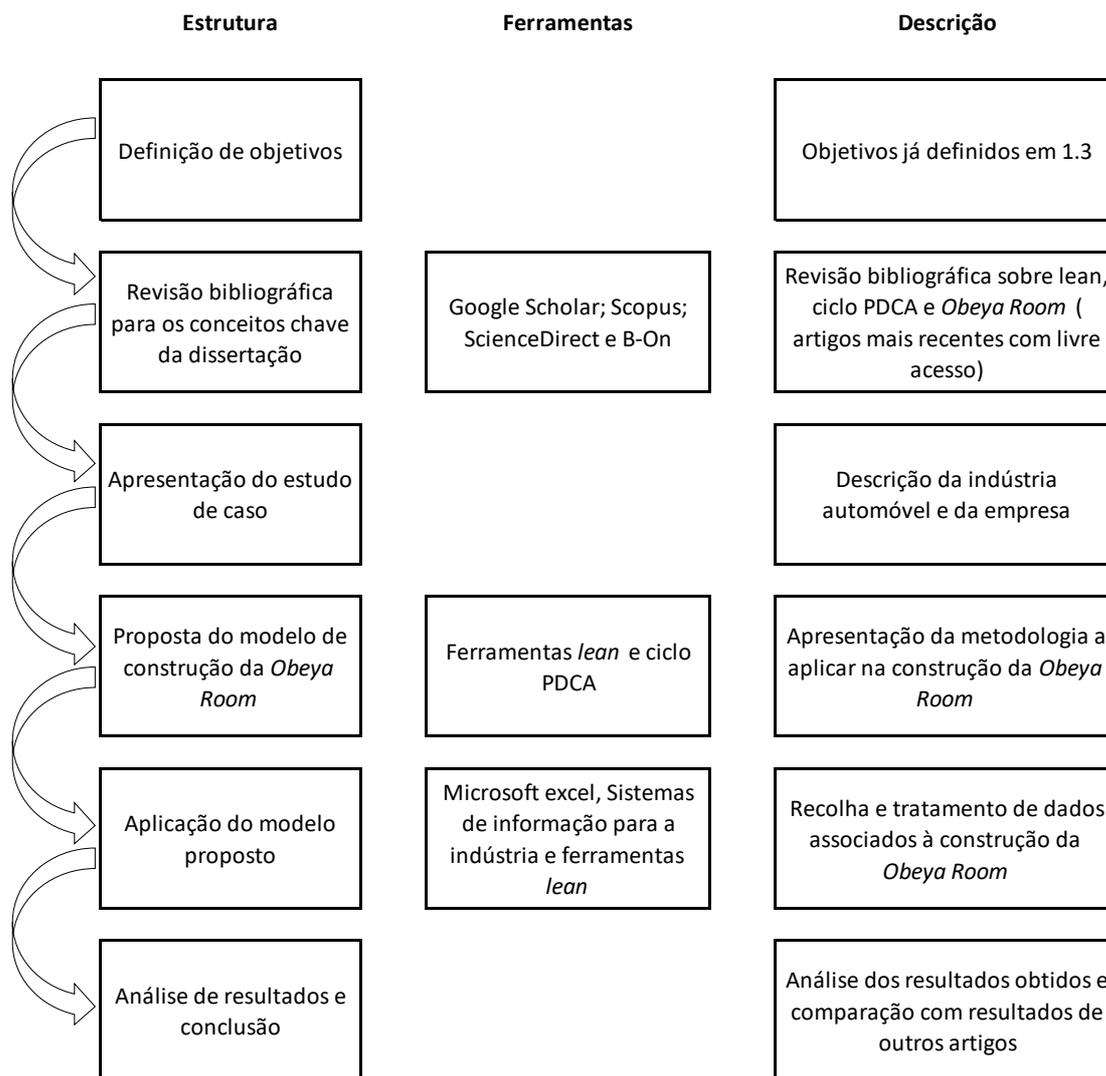


Figura 1.1 – Encadeamento lógico para a estruturação da dissertação

De modo a reportar de forma clara o encadeamento de ideias para a construção da dissertação, sugere-se a definição de objetivos para o estudo de caso como primeiro assunto a ser abordado, de modo a ilustrar ao leitor o que se pretende alcançar com a construção da *Obeya Room*. Depois, revela-se fundamental a ilustração dos conceitos chave para o desenvolvimento do estudo de caso através duma revisão bibliográfica que, combinada com a descrição da indústria e conceitos associados à empresa onde decorre o estudo de caso, poderão fundamentar o modelo proposto para a construção da *Obeya Room*.

Este modelo será, posteriormente, posto à prova com a sua aplicação em contexto real na empresa e, por fim, após esta fase, serão recolhidos e analisados os resultados da implementação deste modelo e tiradas conclusões, comparando com outros estudos publicados sobre o tema.

## 1.4 Divisão da dissertação por capítulos

De modo a facilitar a leitura da dissertação e a dar um fio condutor à mesma, a dissertação foi dividida em seis capítulos distintos.

### I. Introdução.

Este é o primeiro e o presente capítulo da dissertação, e tem como intuito apresentar o tema sobre o qual a dissertação será incidia, apresentar os principais objetivos e sugerir a metodologia a aplicar na mesma.

### II. Revisão Bibliográfica

Este capítulo é utilizado para fazer revisão bibliográfica sobre os conceitos chave da dissertação. Apresenta conceitos básicos sobre lean, ciclo PDCA e Obeya Room, são revistos alguns artigos sobre cada um dos conceitos em separado e, por fim, estes artigos são comparados tentando associar os três conceitos. No fim do capítulo é proposto um modelo a ser aplicado no estudo de caso baseado na literatura encontrada acerca dos conceitos descritos.

### III. Estudo de caso.

Neste capítulo é feita uma breve descrição da indústria automóvel e da empresa onde decorreu o estudo de caso. O processo produtivo é ilustrado e a *Obeya Room* começa a ser construída.

### IV. Construção da Obeya Room: Identificação e tratamento de oportunidades de melhoria.

Neste capítulo prossegue-se a construção da *Obeya Room* através da identificação de melhorias e o tratamento de uma oportunidade de melhoria identificada.

### V. Conclusões.

Este capítulo dita o final da dissertação. Aqui são discutidos os resultados obtidos e o cumprimento dos objetivos inicialmente traçados. É ainda feita uma análise comparativa de resultados com outros artigos publicados sobre construção de *Obeya Rooms*.





## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será apresentado o fundamento teórico inerente ao desenvolvimento do estudo de caso. Pretende-se desenvolver uma revisão bibliográfica acerca dos três conceitos chave da dissertação: *lean*, ciclo *PDCA* e *Obeya Room*. O intuito é de apresentar teoria de cada um destes conceitos em separado, bem como a revisão de alguns estudos de caso recentemente publicados. Procura-se, por fim, comparar artigos revistos e tentar ilustrar a melhor forma de combinar estes três conceitos.

### 2.1 Lean

Revelou-se fundamental apresentar nesta dissertação conceitos e artigos associados à filosofia *lean*, uma vez que o projeto partiu de uma auditoria *lean* feita à empresa. Várias ferramentas e artigos serão analisados de modo a que seja possível integrar este conceito na construção da *Obeya Room*. São revistos ainda literatura *lean* aplicada ao setor produtivo de produtos eletrônicos para automóveis.

#### 2.1.1. Conceitos associados à filosofia Lean

O conceito de *lean*, apesar de já existir há bastante tempo, não é facilmente reconhecido por qualquer pessoa da hoje em dia. Poucas pessoas que reconhecem o conceito *lean*, costumam associá-lo com a palavra *manufacturing (lean manufacturing)*, porém, a para a total compreensão deste conceito, deve-se tentar padronizar este termo e não se focar apenas no que o *lean* pode fazer por empresas inseridas no setor da manufatura (George 2003). Contudo, a conexão destes dois termos está na base da criação do conceito *lean*.

É preciso recuar até à década de 70 de forma a encontrar-se as primeiras evidências da mentalidade *lean*. O pioneiro deste conceito foi Taiichi Ohno, diretor de produção da Toyota Group por bastantes anos, escreveu o que viria a ser a “bíblia” da mentalidade *lean*.

Ōno, Bodek, e Ōno (2008) publicam um livro que relata as boas práticas de produção em massa na indústria automóvel, que mais tarde seriam batizadas como ferramentas *lean*.

Taiichi Ohno referido em (Ōno, Bodek, e Ōno 2008) refere-se ao TPS e a *lean* como a eliminação total de desperdício, tendo como principal objetivo a redução de custos. Afirma ainda que, depois da segunda guerra mundial, o principal objetivo da Toyota Group era de produzir automóveis de alta qualidade. Contudo, a mentalidade mudou e em 1955 a principal questão era de que forma se poderia produzir exatamente a quantidade necessária a ser entregue ao cliente.

Wilson (2015), com base nas ideias de Taiichi Ohno, define o TPS como um sistema de produção que visa controlar a quantidade dentro do sistema, baseado numa fundação de qualidade, cujo objetivo é a redução de custos que levem à eliminação de desperdício. Refere-se ainda a *lean manufacturing* como sendo uma técnica destrutiva de lotes de produção de grandes quantidades.

Smith A (2015), afirma que a abordagem *lean* deve ser centrada na filosofia de melhorar continuamente o desempenho de processos, pela sistemática eliminação de desperdício. Refer ainda que, dum ponto de vista económico, uma organização deve procurar identificar e eliminar todas as atividades sem valor acrescentado, de modo a manter a empresa sustentável. O principal objetivo seria o de construir um negócio orientado pelas necessidades do cliente. Essa abordagem cria uma cultura “magra” (*lean*) em torno de toda a organização, começando no chão de fábrica e acabando na gestão de topo, envolvendo, também, fornecedores.

De acordo com James P. Womack e Jones (2003), *lean* refere-se à eliminação do conceito de produção em massa. Afirmam que este conceito não é desenhado de modo a que seja possível entregar ao cliente uma grande variedade de produtos em lotes de baixa quantidade. Reforçam ainda que a abordagem *lean* procura servir os seus clientes com a quantidade exata de produtos ou serviços exigidos pelo cliente com alta qualidade, preço reduzido e um curto tempo de resposta às encomendas.

Pepper e Spedding (2010) acreditam que o termo *lean manufacturing* estende o âmbito do TPS fornecendo um vasto termo empresarial que une os seus quatro elementos: o processo de desenvolvimento de produtos, o processo de gestão de fornecedores, o processo de gestão de clientes e o processo político focado para toda a empresa. Afirmam que a fundação do *lean* passa pelo mapeamento de todo o processo na empresa, de modo a identificar todas as atividades com e sem valor acrescentado, de modo a eliminar desperdício.

Costa et al. (2018) fazem uma revisão de literatura em que referem que *lean* é uma forma de especificar valor. O conceito torna possível alinhar as ações que criam valor na melhor sequência e, efetivamente, realizar essas ações sem interrupção mediante solicitação. Por outras palavras, fazer mais com menos, porém sempre fornecendo ao cliente exatamente o que ele quer.

Garcia-Buendia, Moyano-Fuentes, e Maqueira-Marín (2021), dizem que o termo *lean manufacturing* é um termo popular para se referir ao *TPS* como um novo paradigma de produção que contrasta com o Fordismo. O *lean* tem vindo a evoluir de apenas um conjunto de ferramentas específicas a aplicar na área de produção, para um sistema de gestão aplicável a vários setores e organizações. Referem que muitos autores ligam o conceito de *lean* com a metodologia de produção *Just In Time (JIT)*, enquanto outros vêem o *lean* como um conjunto de ferramentas de gestão e práticas.

#### **2.1.1.1 Definição de valor**

Em relação a este assunto, Taiichi Ohno (referido em Ōno, Bodek, e Ōno 2008) afirmara que sabia o que a sua fábrica precisava na sua perspetiva, porém questionara-se sobre o que precisaria a sua fábrica na perspetiva do cliente. A resposta a esta questão tornou-se a sua métrica chave e era “valor”. *Ohno* descrevera valor como sendo o que o cliente estaria disposto a pagar. Uma nova questão surgia. Do ponto de vista operacional, de que modo se poderia medir o valor numa atividade e distinguir atividades com e sem valor acrescentado. Pela definição de valor de *Ohno*, entende-se como atividade de valor acrescentado (*VA- Value Added activity*) qualquer atividade que acrescente algo ao produto e que o cliente esteja disposto a pagar. Por contraste, qualquer atividade que não acrescente valor ao produto ou que represente algo cujo cliente não está disposto a pagar, denomina-se por atividade sem valor acrescentado (*NVA -Non Value Added activity*) e pode ser considerada como desperdício no senso comum.

James P. Womack e Jones (2003) referem que valor é definido pelo último cliente da cadeia de abastecimento através das características do produto ou serviço a oferecer. Definem desperdício como atividades humanas que absorvam recursos e que não produzam qualquer valor.

Uma atividade deve ser considerada de valor acrescentado se contribuir para a forma, aplicabilidade e funcionalidade do produto requerido pelo cliente final no fluxo produtivo (McManus 2005). Em relação a atividades sem valor acrescentado, é verificada uma divisão: o desperdício, como operação cujo cliente não está disposto a pagar, e atividades

necessárias, mas sem valor acrescentado, como operação que não acrescenta valor, mas que é necessária ao processo produtivo.

A figura 2.1 demonstra a divisão entre atividades com e sem valor acrescentado segundo a definição sugerida pelo último autor.



Figura 2.1 - Designação de atividades com e sem valor acrescentado.

O *TPS*, criado por Ohno, centra as suas intervenções operacionais na eliminação de desperdício. Neste sentido, houve necessidade de classificar os diferentes tipos de desperdícios presentes dentro de uma organização. Estes desperdícios têm o nome de *muda*, termo japonês adotado por *Ohno* para se referir aos sete desperdícios.

1. Transporte.
2. Inventário
3. Movimentação.
4. Espera.
5. Sobreprodução.
6. Sobreprocessamento.
7. Defeitos.

### 2.1.1.2 Métricas Lean

De forma a quantificar a vontade do cliente e a medir o desperdício e o processo dentro da organização, a metodologia *lean* cria três métricas essenciais para o desenvolvimento de projetos e utilização de ferramentas *lean*.

- **Lead time**

O *Lead Time* é uma das mais importantes métricas utilizadas em *lean*. Porém, o termo apenas começou a ser tratado com relevância quando Ohno e Shingo publicaram os seus livros nos Estados Unidos, e após o lançamento do livro de Womack e Jones (2003). Wilson (2015), de acordo com as ideias dos autores acima mencionados, define *lead time* como sendo o tempo que demora a primeira peça a percorrer todos os processos e a estar pronta para o empacotamento. É de notar que, uma vez que a última inspeção de qualidade é feita exatamente antes do empacotamento, o *lead time* deve ser encurtado, de modo a que o tempo para identificar peças com defeitos seja menor também.

Apesar do *lead time* associado à produção de uma peça ser relevante, demonstra-se mais relevante o *lead time* associado à entrega de uma encomenda feita pelo cliente, uma vez que se torna uma métrica fulcral de planeamento. A redução do *lead time* é resultado da redução de tempos de operações, tempos ociosos e tempos de transporte. O objetivo desta redução é criar valor o mais rápido possível de modo a que o processo se torne mais eficiente e resulte numa maior cadência de unidades produzidas (Kuhlang, Edtmayr, e Sihn 2011). Assim, empresas que consigam entregar rapidamente o seu valor (menor *lead time*), terão uma vantagem competitiva em relação a outras integradas no mesmo setor de atividade.

- **Takt Time**

Ali e Deif (2014), mencionam que *lean manufacturing* não passa por fazer tudo rápido, mas sim ao ritmo certo. Tal como referido por Ohno, a produção deve ser adaptada às necessidades do cliente, pelo que o conceito de *Takt Time* é definido pelo intervalo de tempo entre a saída de duas peças de todo o processo produtivo, com base na procura do cliente.

A fórmula para calcular o *Takt Time* (1) é dada por:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ útil\ disponível\ num\ período\ específico}{Procura\ do\ cliente\ nesse\ período\ específico} \quad (1)$$

- **Cycle Time**

Nash e Poling (2008) definem *cycle time* como o tempo médio decorrido entre a saída de uma peça conforme de um certo processo e a saída da peça conforme seguinte desse mesmo processo. É de notar que, como um processo pode ter capacidade para mais do que uma peça, o *cycle time* não representa o tempo de processamento de uma peça, porém o tempo de processamento pode ser igual ao *cycle time* caso a capacidade do processo seja igual a uma peça.

Assim, o *cycle time* poderá ser expresso segundo a seguinte fórmula (2):

$$\text{Cycle time} = \frac{\text{Tempo total líquido de produção}}{\text{Número de unidades produzidas}} \quad (2)$$

### **2.1.1.3 Ferramentas *lean***

Por sua vez, as ferramentas *lean* tratam de assegurar que as métricas acima enunciadas são otimizadas. As ferramentas apresentadas abaixo são as de maior relevância para o desenvolvimento do estudo de caso.

- **Value Stream Mapping (VSM)**

O VSM é o pilar de qualquer projeto *lean*. Nash e Poling (2008) entendem por VSM, o mapeamento de processos desde o momento em que o cliente coloca uma encomenda, até ao momento em que todas as atividades associadas a essa encomenda são totalmente executadas pela organização. É uma ferramenta de planeamento que visa tornar visível todos os processos, desde a encomenda de matéria prima a fornecedores, até à entrega do produto final ao cliente. O mapeamento destes processos está sintonizado com o principal objetivo do pensamento *lean*, o de identificar atividades com e sem valor acrescentado e de eliminar o desperdício. O âmbito de um projeto *lean* passará sempre por desenhar o VSM do estado atual, identificar e tratar oportunidades de melhoria e desenhar o VSM do estado futuro, o objetivo após a implementação de melhorias.

Na figura 2.2 é possível verificar um exemplo básico de um VSM. De notar que todos os termos e terminologias associadas a *lean* e VSM estão globalmente padronizadas, sendo que para preservar estes padrões estes termos são apresentados em inglês.

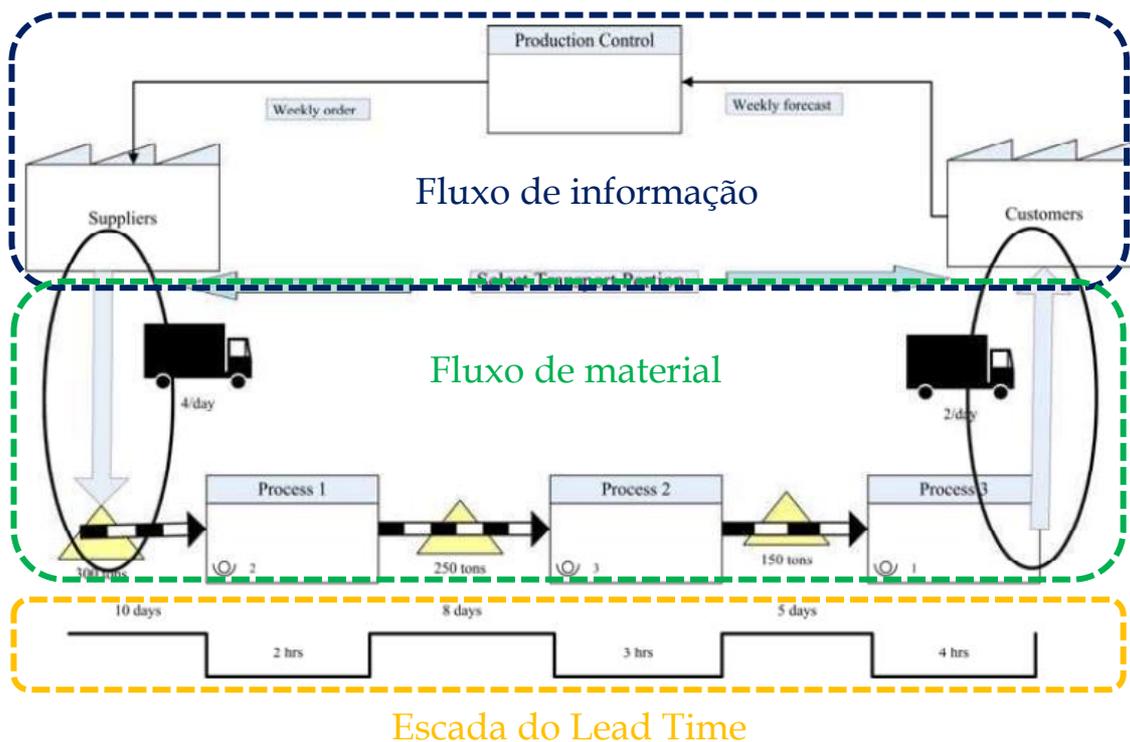


Figura 2.2 – Exemplo de VSM (adaptado de Villarreal (2012)).

Como demonstrado na figura, o VSM é dividido em três secções: fluxo de informação, fluxo de material e escada do *lead time*. O fluxo de informação representa a interação entre a organização, o cliente e o fornecedor. O fluxo de material demonstra como os materiais são transportados e de que forma vão passando por todos os processos até á entrega ao cliente. Os vários processos são identificados e caracterizados com caixas de dados. A escada do *lead time* visa transmitir o tempo associado a atividades sem valor acrescentado nos degraus superiores e o tempo associado a atividades com valor acrescentado nos degraus inferiores.

O VSM é habitualmente construído com recurso a ícones padronizados para a fácil compreensão dos mesmos. A figura 2.3 contém os mais populares ícones e a sua legenda.

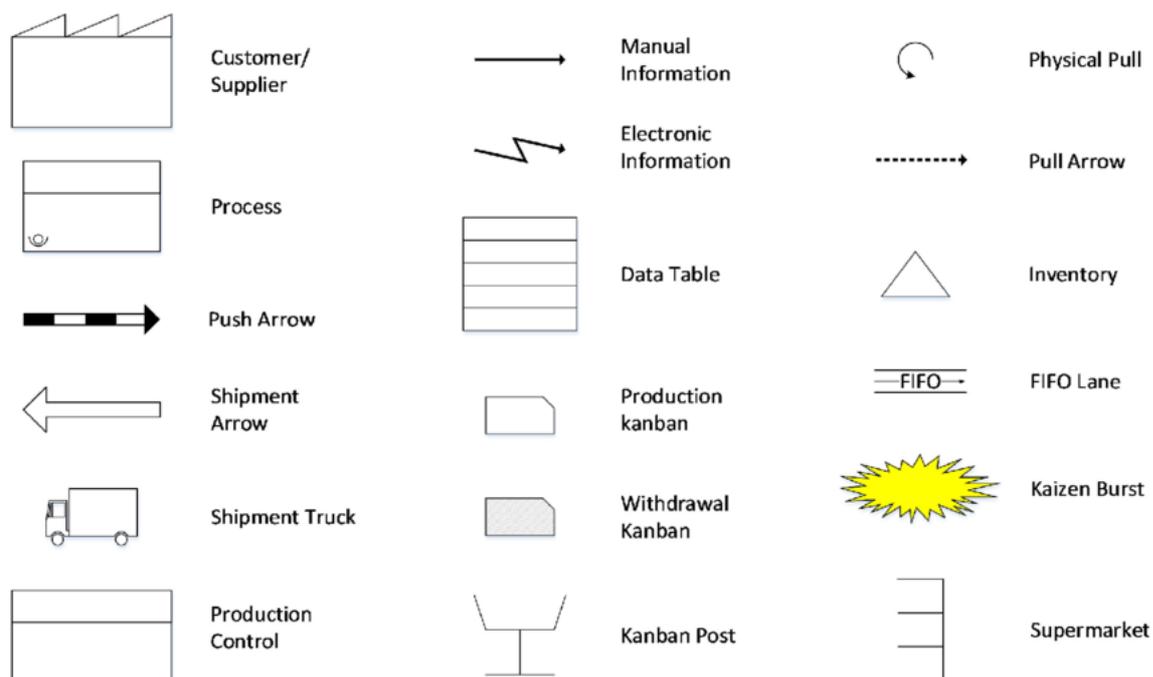


Figura 2.3 – Ícones utilizados em VSMs (fonte: researchgate Ranganath M Singari 22/09/2022).

- **Hoshin Kanri**

Um dos principais tópicos no âmbito da gestão estratégica tem sido o envolvimento de colaboradores ou empregados na implementação das ideias definidas pela gestão de topo. O termo japonês *Hoshin Kanri*, é descrito como uma ferramenta que procura integrar os objetivos definidos pela gestão de topo da empresa, com as típicas operações do dia-a-dia e é utilizado para planear e visualizar o progresso das prioridades estratégicas (Tennant e Roberts 2001).

O objetivo é de aplicar o conceito de *catchball*, em que os objetivos são criados pela gestão de topo (baseados nas necessidades do negócio). Estes objetivos são a resposta à pergunta “o que deve ser controlado para alcançar o sucesso?”. De seguida, o nível abaixo é encarregue de responder à pergunta “como se fazer?” e cria objetivos mais específicos e adaptados ao seu nível hierárquico na empresa. Este ciclo é repetido até se chegar ao nível operacional.

O processo esquematizado pela figura 2.4 representa a metodologia de aplicação do Hoshin Kanri fundido com o conceito de *catchball*.

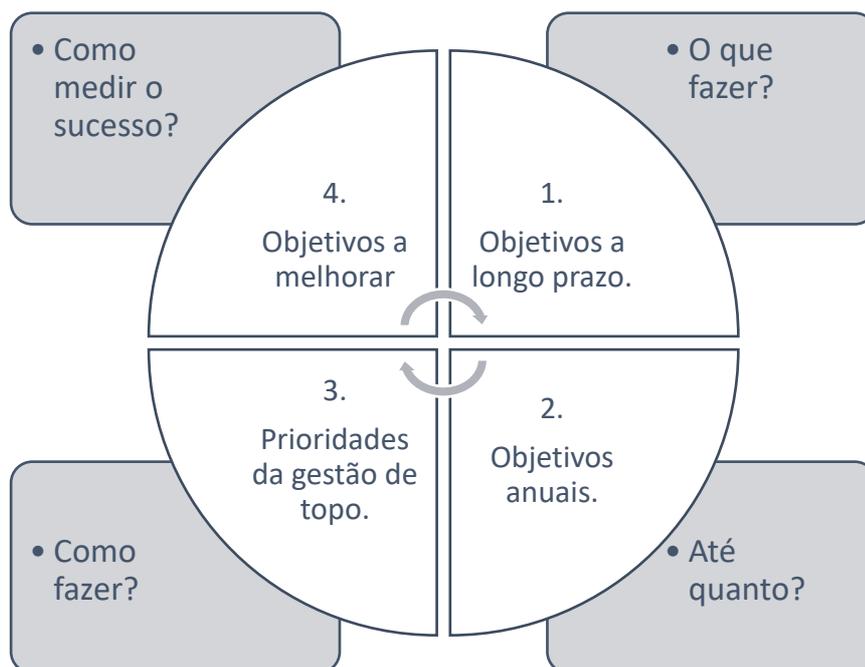


Figura 2.4 - Processo de construção da matriz *Hoshin Kanri* (Fonte: Tennant e Roberts (2001))

- **Overall Equipment Effectiveness (OEE)**

O termo *OEE* é formulado como o rácio entre a cadência real de um equipamento e a cadência desse equipamento sob o melhor cenário do seu desempenho (Almeanazel 2010). O objetivo do cálculo da *OEE* é o de descobrir o impacto da ocorrência de defeitos, acidentes, paragens ou desperdício no processo produtivo.

A *OEE* é calculada através de três conceitos que refletem as várias perdas na produção

- Disponibilidade

Indicador que aponta a causa de paragens na produção.

$$Disponibilidade(\%) = \frac{Tempo\ disponível - Paragens}{Tempo\ disponível} \times 100 \quad (3)$$

- Desempenho (*Performance*)

Indicador que reporta as perdas devido a abrandamento do processo produtivo.

$$Desempenho(\%) = \frac{Produção\ real}{Produção\ ideal} \times 100 \quad (4)$$

- Qualidade

Indicador de perdas devido a peças não conformes.

$$Qualidade(\%) = \frac{\text{Número de peças conformes}}{\text{Número de peças produzidas}} \times 100 \quad (5)$$

Assim, o cálculo da OEE pode ser definido por:

$$OEE(\%) = Disponibilidade(\%) \times Desempenho(\%) \times Qualidade(\%) \quad (6)$$

- **Single Minute Exchange of Die (SMED)**

O SMED foi desenvolvido no Japão e tem como principal objetivo a redução do tempo de *changeover* (período de tempo entre a produção da última peça associada a um *setup* e a produção da primeira peça associada a um diferente *setup* da linha de produção)(Shingo 1985). O propósito da redução deste tempo assenta na filosofia *lean*, na medida em que se reduz um tempo de não produção e que pode ser considerado como desperdício. No entanto, a maior vantagem de ter *changeovers* reduzidos, é que torna o processo produtivo bastante mais flexível, na medida em que se torna possível produzir uma maior variedade de produtos que aumenta a capacidade de resposta ao cliente e diminui o tamanho dos lotes de produção.

### 2.1.2. Aplicação dos princípios Lean através da construção de VSMS

Tendo em conta a abordagem desenvolvida nesta dissertação, e de modo a ilustrar a aplicação de ferramentas *lean* na atualidade, serão analisados e descritos alguns trabalhos publicados nos quais se aplicaram os princípios *lean* através da construção de VSMS para que, depois, estas abordagens possam ser correlacionadas com os conceitos de ciclo PDCA e *Obeya Room*.

A tabela seguinte resume os três artigos estudados associados à aplicação de princípios *Lean* através da construção de VSMS.

Tabela 2.1 - Tabela resumo de artigos revistos sobre construção de VSMS

Título	Ano	Autor	Atividade/Setor	Abordagem
Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study	2012	Rahani AR, Muhammad al-Ashraf	Produção de componentes para motores	Construção de VSMS para identificação e redução de desperdício
Value Stream Mapping as Lean Production tool to improve the production process organization – case study in packaging manufacturing	2018	Dorota Klimecka-Tatar	Empacotamento de alimentos	Construção de VSMS para identificação e redução de desperdício
Implementation of Lean Manufacturing Process to Reduce Waste: A Case Study	2020	D Rahmanasari , W Sutopo, and J M Rohani	Produção de componentes eletrônicos	Construção de VSMS para identificação e redução de desperdício

No estudo de caso de Rahani e al-Ashraf (2012) é avaliado o desempenho da utilização de ferramentas *lean*, através da construção de um VSM para a identificação de oportunidades de melhoria, numa empresa asiática produtora de componentes para motores. O objetivo é de eliminar desperdício, manter um nível controlado de inventário, melhorar a qualidade e desempenhar um melhor controlo operacional. Foi escolhida a linha de produção de um produto que durante dois anos falhou em entregar a produção diária espectável, de acordo com o cliente.

Os autores começaram por reunir informação sobre o fluxo produtivo do produto, desempenhando caminhadas pela linha de produção e entrevistando operários. O VSM do estado corrente foi desenhado e está ilustrado na figura 2.5.

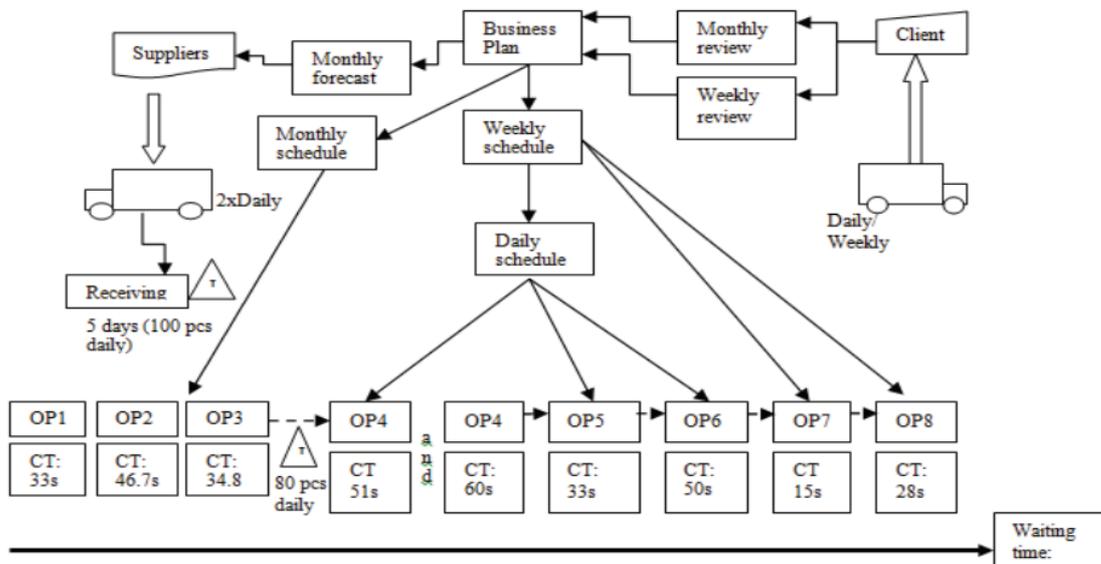


Figura 2.5 – VSM do estado corrente (Fonte: Rahani e al-Ashraf (2012)).

Os autores preocuparam-se com o desenho detalhado de todo o fluxo de informação, material e temporal. Registraram a média dos *cycle times* para cada processo, o inventário parado, *Work In Progress (WIP)*, entre processos e o constrangimento (processo com maior *cycle time*) da linha de produção.

Depois do desenho do VSM, o projeto relatado no artigo focou-se na redução do *cycle time* da linha e minimizar *WIP*. Para reduzir o *cycle time*, foi feito um diagrama homem-máquina, de modo a entender as suas interações em cada processo. Entendeu-se que havia bastantes tempos de espera por parte das duas entidades. Através da decomposição da OP4 (constrangimento da linha) em duas, o tempo de processamento do operário reduziu em 17% e o da máquina em 14%. Em termos de *WIP*, foi instalada uma nova localização para armazenamento de *FGI (Finished Goods Inventory)*, já que a antiga podia provocar defeitos nas peças. A medida aplicada sobre o *cycle time* da linha ajudou também no controlo do nível do *WIP*. Se os tapetes rolantes de transferência de peças entre processos atingirem o nível máximo de capacidade de *WIP*, a linha para, resultando num decréscimo na cadência da linha. Diminuir o *cycle time* do processo de constrangimento, faz com que seja menos provável atingir esse nível máximo de *WIP* nos tapetes rolantes.

No estudo apresentado por Klimecka-Tatar (2017) , é aplicada uma abordagem *lean* ao processo de empacotamento de alimentos em caixas de cartão. Um aumento na procura de alimentos produzidos nesta empresa, levou à necessidade de melhorar o processo de empacotamento, recorrendo à construção de um VSM do estado corrente, identificando as potenciais oportunidades de melhoria e construindo o VSM do estado futuro. Na figura 2.6 é apresentado o VSM e as melhorias apontadas.

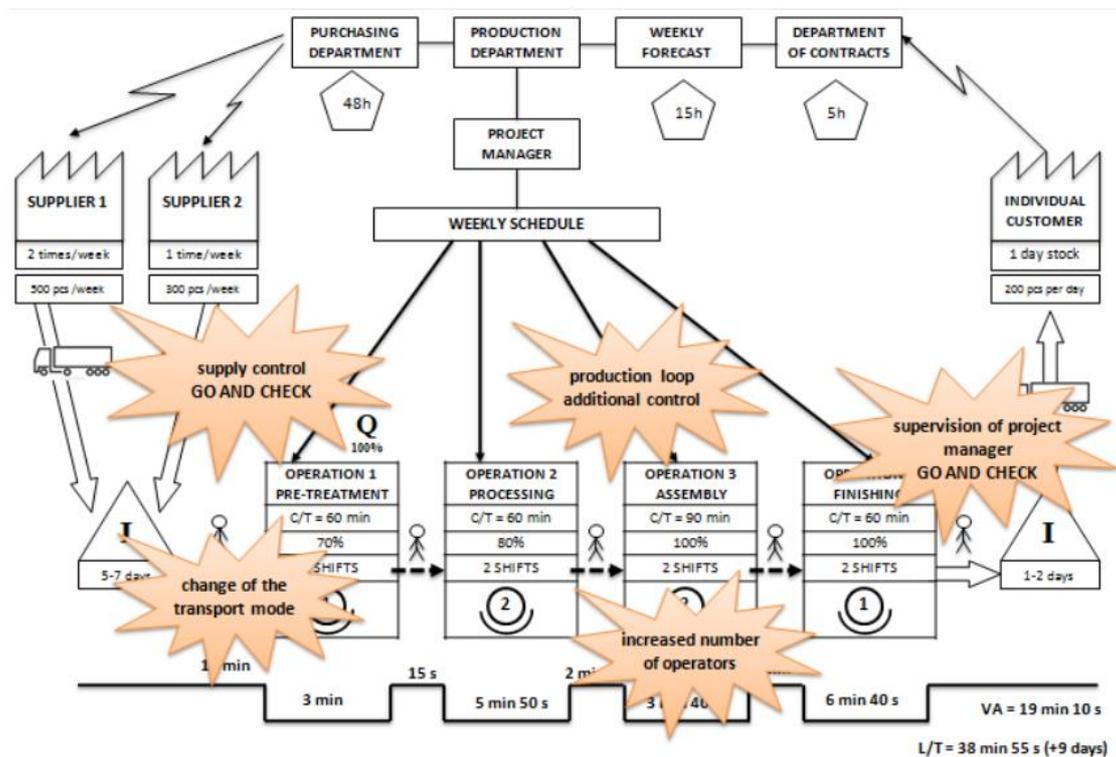


Figura 2.6 - VSM do estado corrente (Fonte: Klimecka-Tatar (2017)).

As melhorias destacadas no VSM foram apontadas de modo a reduzir as três perdas básicas de excesso de inventário, movimentações desnecessárias e atrasos. Assim, foi dada formação aos operários para o manuseamento do equipamento de transporte de inventário entre processos, de modo a reduzir o tempo de movimentação. Para controlar o nível de inventário, começou-se a monitorizar as entradas de alimentos no início do processo de empacotamento, para averiguar a necessidade de caixas de cartão e as saídas do processo, para verificar inconsistências no sistema. Na operação 3, foi adicionado mais um operário de modo a diminuir o *cycle time* deste processo (atuando no constrangimento). O VSM do estado futuro foi desenhado e está ilustrado na figura 2.7.

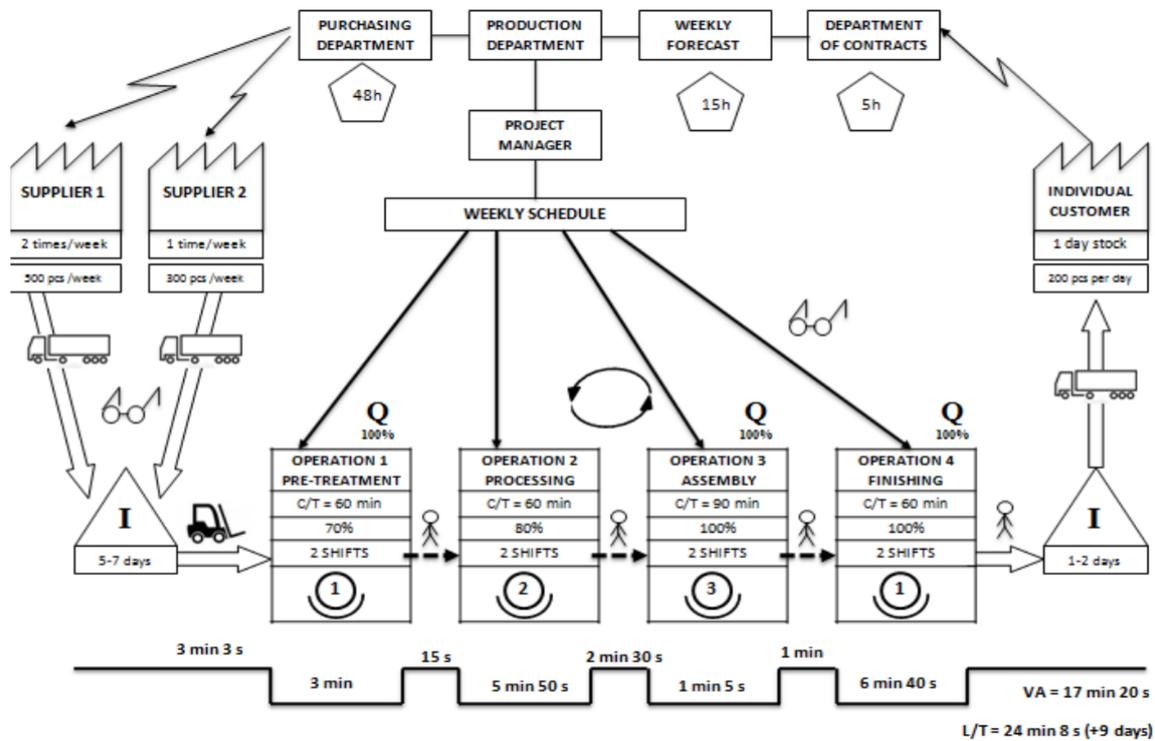


Figura 2.7 – VSM do estado futuro (adaptado de Klimecka-Tatar (2017)).

O estudo de Rahmasari, Sutopo, e Rohani (2021) pretendeu analisar e reduzir os desperdícios que ocorrem numa empresa produtora de componentes eletrónicos, através da aplicação de ferramentas *lean*. A metodologia de desenvolvimento deste projeto foi planeada através de um diagrama de fluxo e está representado na figura 2.8.

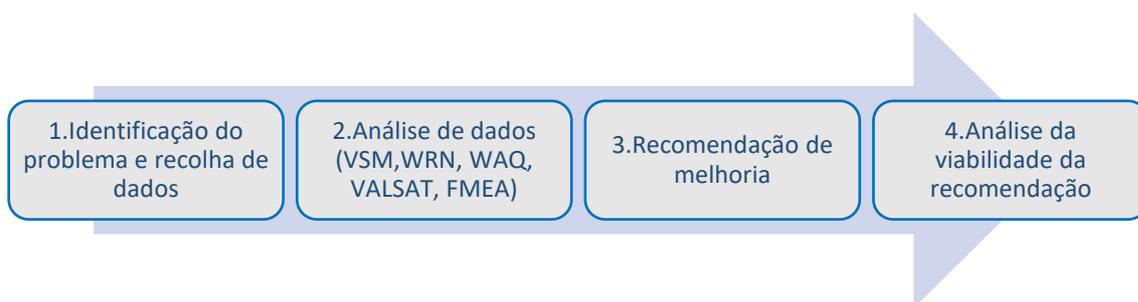


Figura 2.8 – Diagrama de fluxo da metodologia de desenvolvimento do projeto (adaptado de Rahmasari, Sutopo, e Rohani 2021).

Na fase 1, os autores prosseguiram para a implementação de melhorias a uma linha de produção e passou-se à recolha de dados relativos ao fluxo de informação, de material e temporal. Na fase 2, os autores começaram por correlacionar os dados e torna-los visíveis através da construção de um VSM apresentado em anexo devido à sua dimensão.

De seguida, foi construída uma *Waste Relationship Matrix (WRM)* para descrever e analisar o fluxo do desperdício ao longo do processo produtivo. Posteriormente, utilizando os dados obtidos através da *WRM*, fez-se um *Waste Assessment Questionnaire (WAQ)* que retorna a percentagem de ocorrência associada a cada tipo de desperdício. Depois, foi contruída uma tabela para identificar a melhor *Value Stream Analysis Tool (VALSAT)* para identificar a causa raiz do desperdício, tendo em conta a percentagem de cada tipo de desperdício calculada pela *WAQ*. O *Process Activity Mapping (PAM)* revelou ser a melhor *VALSAT* para identificar a causa raiz do conjunto de desperdícios. O *PAM* consiste na divisão das atividades em valor acrescentado, sem valor acrescentado e necessárias mas sem valor acrescentado. Às atividades sem valor acrescentado, realizou-se uma *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* de modo a calcular a percentagem de ocorrência de cada tipo de desperdício nas atividades sem valor acrescentado. O diagrama de *Pareto* criado está representado na figura 2.9.

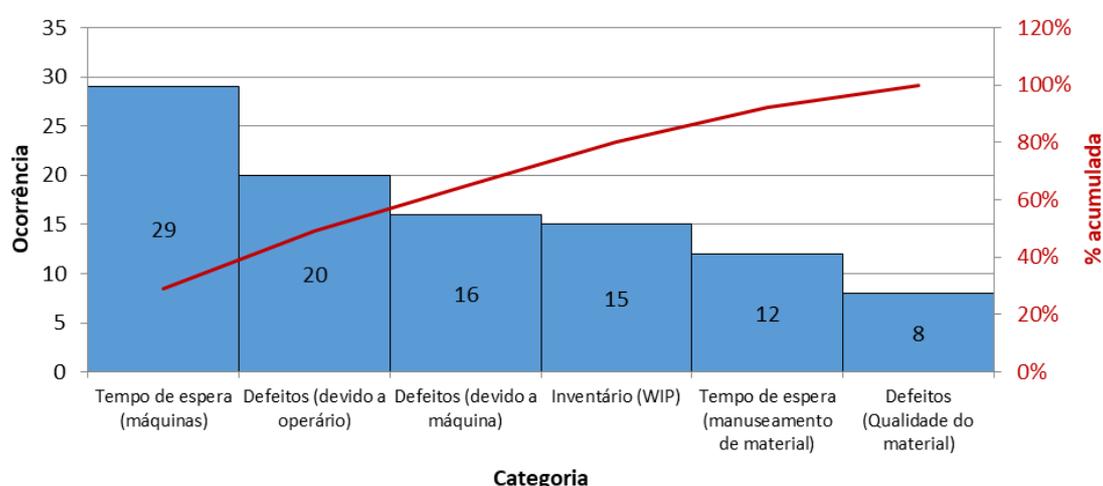


Figura 2.9 - Diagrama de *Pareto* dos desperdícios encontrados (adaptado de Rahmasari, Sutopo, e Rohani 2021).

Ao analisar o diagrama de *Pareto*, os autores concluíram que o tempo de espera devido à falta de máquinas era o desperdício mais crítico, seguido de defeitos provocados por falta de experiência de operários, de defeitos provocados por falta de manutenção de máquinas e inventário excessivo provocado pela falta de máquinas.

Na fase 3, recomendaram-se as melhorias a aplicar para eliminar os desperdícios acima descritos. Para o tempo de espera e excesso de inventário, foi recomendada a aquisição de mais máquinas. Tal aquisição iria aumentar a capacidade do processo, diminuindo o *cycle time* e, conseqüentemente, diminuir o inventário. Os defeitos devido a

operários seriam combatidos com recurso a formações e os defeitos devido a máquinas com um plano de manutenção preventiva.

Na fase 4, com recurso a indicadores como o *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)* e *Profitability Index (PI)*, quando comparada a situação atual com a futura aplicação de melhorias, é provado que a empresa teria um aumento do lucro de 52%.

### 2.1.3. Lean na indústria eletrónica automóvel

Após uma revisão de trabalhos publicados relacionados a aplicação de conceitos lean, pretende-se ilustrar alguns estudos feitos nos quais se aplicaram princípios lean na indústria eletrónica automóvel.

Esfandiyari et al. (2015) apresentam um estudo sobre as questões de sustentabilidade com a perspetiva do paradigma *lean* na montagem de componentes eletrónicas em *Printed Circuit Boards (PCBs)* e as diferentes alternativas "verdes" para a produção destas *boards*. O estudo conclui que apesar das ferramentas *lean* (como construção de *VSMs*, aplicação do método *JIT*, elaboração de estudos *SMED*) contribuirão para a redução de desperdício, não existem estudos que comprovem que podem ser utilizadas como ferramentas de sustentabilidade. Refere-se que o trajeto para tornar este processo mais sustentável passará por uma seleção de materiais propícios à reciclagem mecânica.

Doolen e Hacker (2005) exploram a aplicabilidade das boas práticas *lean* na indústria eletrónica. Após a revisão a várias empresas, verificou-se que, apesar deste setor apresentar algumas barreiras á aplicação de conceitos *lean*, todas as empresas revistas implementaram melhorias com base nos conceitos *lean*. Contudo, é concluído que a dimensão da organização e o tipo de fabricação praticada são fatores significativos na aplicação destas ferramentas.

Correia et al. (2018) conduzem um estudo a uma empresa produtora de produtos eletrónicos que assenta na construção de um *VSM* para a visualização de desperdício em linhas de produção manual. Com caminhadas pelo chão de fábrica e simulações, foi possível desenhar o *VSM* e identificar oportunidades de melhoria que acabaram por ser implementadas, aumentando a produtividade em 10% com a mesma mão de obra, modificando postos de trabalho e metodologias de trabalho. Estas melhorias promoveram ainda a qualidade da montagem do produto e o balanceamento geral da linha.

## 2.2 PDCA

Tendo a construção da *Obeya Room* o principal objetivo de identificar e tratar de oportunidades de melhoria, o ciclo PDCA foi introduzido nesta dissertação como ferramenta de melhoria contínua que ditará as fases de construção da *Obeya Room*.

### 2.2.1. Kaizen e o ciclo PDCA

Para a compreensão do ciclo *Plan Do Check Act* (PDCA), é necessário, primeiro, definir o conceito de *kaizen*. Com base numa revisão de literatura feita no âmbito deste termo, todos os autores associam-no ao conceito de “melhoria contínua”(Singh e Singh 2009). *Kaizen* é definido como o processo gradual e incremental de melhoria, em busca da perfeição. Seguindo esta estratégia, a mentalidade da melhoria contínua tem que abranger todos os empregados da empresa, na medida em que todos façam a sua parte para contribuir para a melhoria global da empresa.

Al Smadi (2009) refere que a estratégia de implementação do *kaizen* tem como pilares cinco princípios base. Na vertente de processos e resultados, a estratégia *kaizen* depende maioritariamente de contribuições humanas para melhorar resultados e requer melhoria de processos.

### 2.2.2. O Ciclo PDCA

O recurso ao ciclo PDCA é a melhor estratégia para a melhoria de processos. Desenhado para a resolução de problemas associados à qualidade e implementação de novas soluções, o ciclo PDCA é uma adaptação da *Deming wheel*. Deming criou 14 princípios que viriam a ser a base para a filosofia da qualidade e do ciclo PDCA como estratégia para a melhoria contínua dentro das organizações (Moen e Norman 2009)

As quatro fases do ciclo PDCA são descritas por estes autores.

#### 1. *Plan*

A fase de planeamento está associada ao reconhecimento de oportunidades de mudança, à identificação das potenciais melhorias e ao planeamento temporal do projeto em si, definindo objetivos e estipulando datas. Pretende-se delinear um plano de ação que guie o projeto ao cumprimento dos objetivos estabelecidos. É necessário identificar o problema, analisar as causas que afetam esse problema, gerar soluções e desenvolver um plano de implementação. Ferramentas como *brainstorming*, mapeamento de processos, diagramas de Pareto e diagramas de Ishikawa revelam-se úteis nesta fase.

#### 2. *Do*

O plano delineado na fase anterior é implementado nesta fase, com o objetivo de eliminar as principais causas do problema identificado aumentando produtividade e qualidade.

### 3. *Check*

Nesta fase pretende-se verificar e testar se a solução introduzida levou a resultados adequados. Procede-se à medição e esses valores são comparados com os valores estipulados na fase 1 de *Plan*. Caso se verifique adequabilidade da solução implementada, então passa-se à última fase do ciclo *PDCA* (*Act*), porém se tal não se verificar, então é necessário voltar à fase do *Plan* e entender o porquê da implementação da solução não resultar numa melhoria.

### 4. *Act*

A última fase do ciclo *PDCA*, *Act*, está ligado à aplicação da solução implementada. Quando a solução é corroborada na fase anterior (*Check*), passa a ser reconhecida como a norma e leva à padronização e monitorização das atividades.

Na figura 2.10 são ilustradas as quatro fases do ciclo *PDCA*.

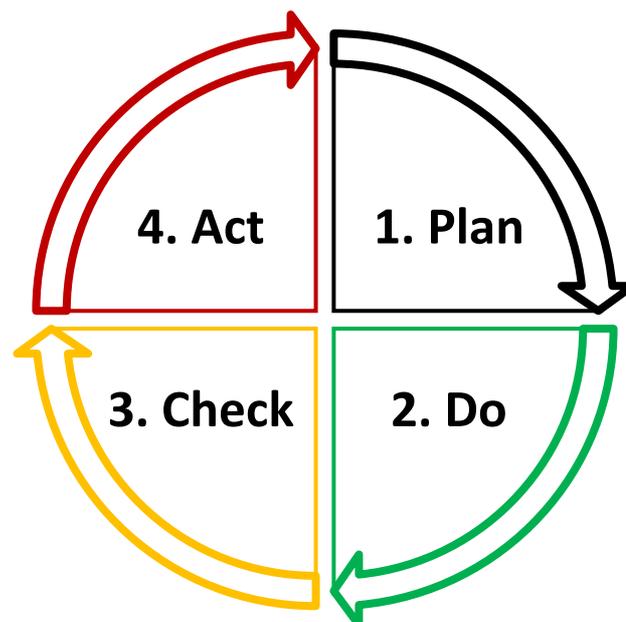


Figura 2.10 – Fases do ciclo PDCA.

O ciclo PDCA está contido num círculo de ações que nunca acaba. O conhecimento obtido de iterações anteriores do ciclo PDCA tornam-se a base para os ciclos seguintes. A concretização da melhoria não significa o fim da intervenção, sendo que nunca existe satisfação com a situação corrente.

Knop e Mielczarek (2015) introduzem ainda o ciclo SDCA, em que o “P” de *Plan* é substituído pelo “S” de *standardize* e afirma que este ciclo é utilizado na implementação de um sistema de trabalho padronizado. Neste sentido e de acordo com (Al Smadi 2009), os dois ciclos PDCA e SDCA correlacionam-se no processo de melhoria contínua, em que o PDCA é responsável pela melhoria de processos e o SDCA responsável pela manutenção dessas melhorias.

A interação de ambos os ciclos é representada no gráfico da figura 2.11.

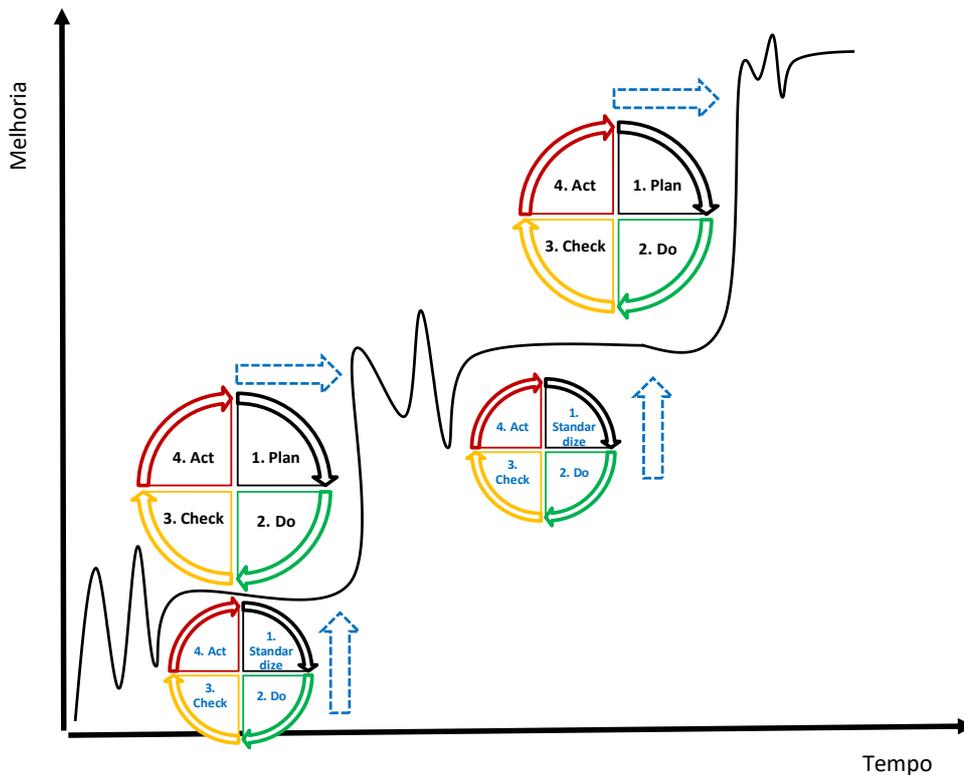


Figura 2.11 – Interação entre os ciclos PDCA e SDCA (Fonte: Al Smadi (2009)).

### 2.2.3. Aplicação do ciclo PDCA

Tal como feito para a revisão de artigos onde foi aplicada a filosofia lean, pretende-se agora apresentar trabalhos desenvolvidos atualmente na área da melhoria contínua onde tenha sido aplicado o ciclo PDCA. Pretende-se ainda tentar relacionar a aplicação deste conceito com a filosofia *lean* e o conceito de *Obeya Room*.

A tabela seguinte resume os três artigos estudados associados à aplicação do ciclo PDCA.

Tabela 2.2 - Tabela resumo de artigos revistos sobre aplicação do ciclo PDCA

Título	Ano	Autor	Atividade/Setor	Abordagem
Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) Cycle to Reduce the Defects in the Manufacturing Industry. A Case Study	2018	Arturo Realyvázquez-Vargas , Karina Cecilia Arredondo-Soto, Teresa Carrillo-Gutiérrez, Gustavo Ravelo	Produção de placas eletrônicas	Utilização do ciclo PDCA para reduzir desperdício
Practical Application of Plan-Do-Check-Act Cycle for Quality Improvement of Sustainable Packaging: A Case Study	2020	Vi Nguyen, Nam Nguyen, Bastian Schumacher, Thanh Tran	Empacotamento	Utilização do ciclo PDCA para melhorar a qualidade
PDCA cycle theory based avoidance of nursing staff intravenous drug bacterial infection using degree quantitative evaluation model	2021	Lina Jiang, Xiaofeng Sun, Cuicui Ji, Stefane Mostefa Kabene, Mohammed Yousuf Abo Keir	Serviços hospitalares	Utilização do ciclo PDCA para melhorar a qualidade

No estudo de caso de Realyvázquez-Vargas et al. (2018), os autores recorrem ao ciclo PDCA com o intuito de reduzir os defeitos no processo de soldagem de componentes eletrónicos numa empresa produtora de placas eletrónicas. Estes defeitos foram verificados após um aumento brusco da procura e, por isso, pretende-se optar por uma abordagem *lean* de modo a reduzir um dos maiores desperdícios da manufatura, peças não conformes. O objetivo é de reduzir em 20% os defeitos provocados por má soldagem e ainda de aumentar em 20% a capacidade de três linhas de produção.

Na fase do *Plan*, começou-se por desenhar um gráfico de fluxo e o *layout* da área onde se fazia a soldagem. Mais tarde, recorrendo ao sistema de controlo da empresa, recolheu-se os dados relativos aos defeitos que ocorreram num período de cinco meses. De seguida, foi construído um diagrama de *Pareto* de modo a identificar os tipos de defeitos com maior taxa de ocorrência. Depois, recorreu-se a mais um diagrama de *Pareto* para descobrir em que produtos se verificavam a maior ocorrência de defeitos e chegou-se à conclusão que eram os produtos com maior procura, que representavam, consequentemente, os produtos mais produzidos na empresa. Desta forma, foram possíveis identificar as melhorias a aplicar na fase seguinte.

Na fase do *Do*, as folhas de processo foram atualizadas, os parâmetros de temperatura e velocidade foram ajustados aos vários tipos de produtos e o desenho e condições das luminárias foram reavaliadas.

Posteriormente, na fase do *Check*, o desempenho das melhorias aplicadas na fase anterior foi analisado. Por exemplo, foi analisado o desempenho das novas luminárias no impacto sobre defeitos.

Na fase do *Act*, as melhorias implementadas foram apresentadas à gestão de topo e algumas chegaram a ser padronizadas.

Os resultados do estudo mostraram-se positivos, sendo que se verificou uma redução em 65%, 79% e 77% nos defeitos associados aos três produtos analisados.

O estudo de Nguyen et al. (2020) visa aplicar o ciclo PDCA para a formulação de um novo método de empacotamento usando materiais biodegradáveis não prejudiciais ao ambiente. Procura-se com isto aumentar a qualidade do pacote (reduzindo a taxa de defeitos) e não incrementar o custo de empacotamento em mais do que 20%.

Na fase do *Plan*, os autores dão relevância à definição do problema e ao recolhimento de todos os dados relevantes. Depois, a equipa deve encontrar as causas raiz do problema definido, de modo a desenvolver um plano de ação que esteja de acordo com as expectativas do cliente. A análise começou nos furos das caixas como defeito identificado. Utilizou-se os *5whys* que levou à construção dum diagrama de *Ishikawa*, onde as principais causas eram devido a transporte, armazenamento e empacotamento. Após a aplicação de todos os *whys*, verificou-se que uma das causas raiz para os furos nas caixas era a falta ou o mau dimensionamento de amortecimentos do produto no interior da caixa. Posteriormente, com o intuito de considerar o custo de produção e de teste da solução, a equipa recorreu a um *5W2H* (*Who, what, when, where, why, how, and how much*). Com isto, verificou-se a viabilidade da solução e desenvolveu-se o plano de ação apresentado na figura 2.12.

PDCA	Tarefas
Plan: 02/09 - 13/09	<ul style="list-style-type: none"> <li>Descobrir expectativas do cliente para o empacotamento</li> <li>Identificar problemas no empacotamento</li> <li>Analisar as causas raiz</li> <li>Definir objetivos</li> <li>Propor soluções</li> </ul>
Do: 16/09 - 20/09	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comparar materiais utilizados com outros com preço competitivo</li> <li>Propor um novo material para o empacotamento</li> <li>Definir prazos</li> <li>Planear os testes a fazer ao material proposto</li> </ul>
Check: 23/09 - 27/09	<ul style="list-style-type: none"> <li>Encontrar novos materiais para o empacotamento</li> <li>Implementar ações</li> <li>Utilizar o software CAD para o desenho do novo pacote</li> <li>Implementar soluções aos produtos reais</li> <li>Fazer testes para verificar o desempenho do novo material</li> <li>Verificar as conquistas</li> <li>Verificar resultados</li> </ul>
Act: 01/10 - 30/10	<ul style="list-style-type: none"> <li>Decidir entre adotar ou rejeitar as mudanças</li> <li>Estandardizar melhorias</li> <li>Benefícios de documentos</li> <li>Definir planos futuros</li> </ul>

Figura 2.12 – Plano de ação (adaptado de Nguyen et al. (2020)).

Na fase do *Do*, opta-se por substituir o papelão como material usado para o empacotamento, para cartão, com base numa análise de mercado feita pela equipa. Foram efetuados testes de compressão e de furação aos pacotes feitos pelos dois tipos de materiais e os resultados mostraram que o novo material se revela mais resistente a estes testes. Por outro lado, foi ainda testada a possibilidade de alterar o amortecimento dentro do pacote, colocando uma forma diferente de amortecimentos em cima e em baixo do produto.

Na fase do *Check*, criou-se um teste de armazenamento em que largava o pacote de diferentes alturas e verificava se ocorria algum defeito. Chegaram à conclusão que até cargas de 15kg, o novo método de empacotamento era viável. Em relação aos custos, houve um incremento de 6%, bastante abaixo do limite máximo de 20%.

No *Act*, apresentaram-se à gestão de topo as soluções e decidiram implementar a melhoria em cargas até 15kg. Com isto, o processo de transporte, armazenamento e empacotamento foi padronizado.

O propósito do estudo de Jiang et al. (2021) é de explorar o impacto positivo da aplicação do ciclo *PDCA* no sistema de gestão de informação de um hospital de modo a evitar erros nas atividades desempenhadas pelos enfermeiros.

Quando um médico prescreve uma medicação intravenosa, a medicação é submetida a um procedimento de preparação, classificação e revisão antes de ser administrada ao paciente. Todas estas ligações são efetuadas por enfermeiros que devem evitar erros ao máximo de modo a tornar o tratamento mais eficiente e a promover a recuperação dos pacientes. Neste sentido, o hospital começou por investigar ordens médicas irrazoáveis, dados erráticos associados a preparação de medicamentos, eficiência da preparação de medicamentos e feedback clínico. Entendeu-se que o problema caía sobre os próprios médicos, enfermeiros e pessoal que os treinava no hospital, já que não trabalhavam segundo as tarefas padronizadas. Atuou-se no sentido de oferecer uma melhor educação a todos para melhorar as suas habilidades e, conseqüentemente, melhorar a satisfação do cliente.

Esta implementação do ciclo *PDCA* foi aplicada segundo o fluxograma criado pelo hospital representado na figura 2.13.

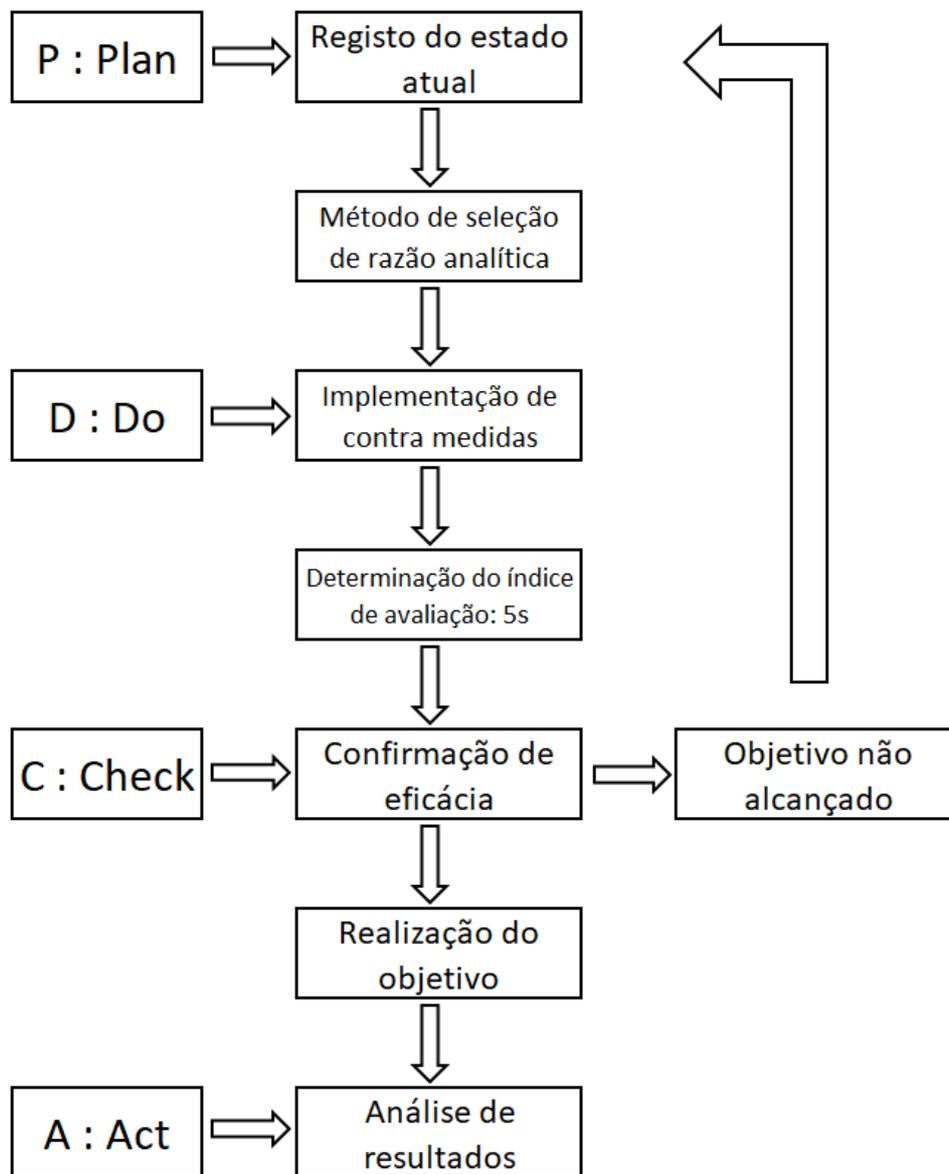


Figura 2.13 - Fluxograma da aplicação do ciclo *PDCA* (adaptado de Jiang et al. (2021)).

Após a aplicação das melhorias, os dados foram inseridos numa tabela comparativa entre o cenário anterior e posterior à aplicação do ciclo *PDCA*.

Tabela 2.3 - Comparação entre o cenário anterior e posterior à aplicação do ciclo *PDCA* (adaptado de Jiang et al. (2021))

Categoria	Antes da aplicação do ciclo <i>PDCA</i>	Após a aplicação do ciclo <i>PDCA</i>
Vezes em que os enfermeiros verificam a quantidade de medicamentos aconselhada pelo médico	48 864	88 824
Quantidade de conselhos médicos não qualificados	430	302
Rácio de conselhos médicos não qualificados	0,88%	0,34%
Correções de conselhos médicos	218	267

Conclui-se que a aplicação do ciclo *PDCA* promoveu e melhorou a qualidade dos serviços prestados pelo hospital.

## 2.3 Obeya Room

Nesta parte será introduzido o conceito de *Obeya Room* através da análise à literatura publicada. Pretende-se ilustrar o significado do termo e anotar algumas abordagens feitas em trabalhos publicados.

### 2.3.1. O conceito Obeya Room

*Obeya* é o termo japonês ligado à gestão de projetos na indústria e traduz-se como “sala grande” (Aasland e Blankenburg 2012). O termo foi introduzido por Takeshi Uchiyamada ao desenvolver um projeto na fábrica da Toyota na década de 90, quando viu a necessidade de criar um espaço onde pudesse reunir as pessoas certas com a devida autoridade para poder desenvolver o projeto. O conceito remete para uma grande sala de reuniões construída com o intuito de facilitar a comunicação e visualização de dados para uma equipa num projeto (Shahbazi e Javadi 2013).

Um dos principais objetivos da *obeya* é o de tornar eficiente o desenvolvimento do projeto. Nesse sentido, os seguintes fatores revelam-se importantes na promoção da eficiência do projeto e, por isso, são facilitados através da *obeya room* (Aasland e Blankenburg 2012).

1. Rápida tomada de decisões.

Como a *obeya* reúne todas as pessoas relevantes, bem como toda a informação relevante, a tomada de decisões leva menos tempo e torna-se mais fácil.

2. Redução do retrabalho.

Aqui é onde a redução de tempo é mais óbvia. O retrabalho é inevitável, porém a equipa deve trabalhar no sentido de o manter ao nível mais baixo possível. Elevado retrabalho pode significar o incumprimento de datas de lançamento de produtos e mesmo perdas de vendas. Assim, as reuniões feitas na *obeya room* devem proteger os níveis de retrabalho.

3. Redução de discussões desnecessárias.

A *obeya* combate o desperdício associado a ter a mesma discussão vezes e vezes sem conta. Quando todos têm acesso à mesma informação ao mesmo tempo, e discussões importantes são feitas com todas as pessoas relevantes, então essas discussões tendem a ser resolvidas no tempo certo.

Na construção da *obeya* devem ser utilizados gráficos, fluxos de processo com o estado corrente e futuro, informação sobre a qualidade, *Key Performance Indicators (KPIs)* e estado financeiro (Krijnen 2007). Estas métricas devem ser atualizadas constantemente.

Barnett (2014), descreve uma situação onde é utilizada a *obeya room* como ferramenta para dar resposta a uma forte variação na procura. Após a conclusão do projeto, refere que devem haver reuniões semanais na *obeya room* com os representantes de mais de 20 áreas para se discutir ações e soluções. A *obeya* permite assim partilhar com várias áreas todo o progresso de uma equipa, bem como os objetivos a curto e longo prazo. Diz ainda que com o auxílio desta ferramenta, a fábrica é mais capaz de replicar os objetivos de produção e de trabalhar duma forma proactiva, em vez de reativa.

Atualmente, a disposição da *obeya room* segue a lógica do ciclo *PDCA* para a identificação e tratamento de oportunidades de melhoria, em que cada fase representa uma parede da sala (Alaassar 2017).

A primeira parede, *Plan* tem o propósito de ilustrar os planos estratégicos da organização e os planos de melhoria associados a cada processo. Nesta parede é ainda ilustrada a situação operacional corrente, bem como projeções financeiras.

A segunda parede, *Do* ilustra todas as principais atividades postas em prática para atingir os planos e objetivos desenhados na fase anterior.

Na parede do *Check*, são analisados e discutidos os resultados das ações implementadas na fase do *Do*, o que correu e não correu como planeado. Esta parede é um ponto de tomada de decisão, onde a equipa deve discutir as ações que devem voltar a ser planeadas por não terem corrido como planeado e as ações que podem seguir para a fase seguinte.

A última parede da sala representa o *Act*, onde é feita a padronização associada às melhorias que se verificaram válidas na parede do *Check*. Nenhuma informação relativamente a tarefas não padronizadas deve ser retirada da parede até estar concluída.

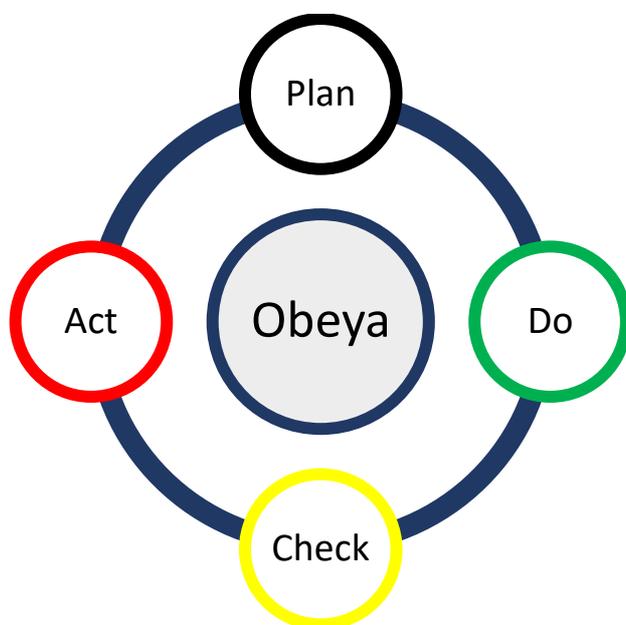


Figura 2.14 - Ilustração da fusão entre o ciclo *PDCA* e a *Obeya Room*.

### 2.3.2. Estudos acerca de construção de *Obeya Rooms*

Os últimos artigos a serem revistos serão trabalhos publicados acerca da construção de *Obeya Rooms*. Tal como com os princípios *lean* e o ciclo *PDCA*, pretende-se ilustrar de que forma tem sido aplicado este conceito em situações reais, nos dias de hoje. Estes trabalhos serão úteis para estabelecer correlações entre o conceito de *Obeya Room*, *lean* e ciclo *PDCA*.

A tabela seguinte resume os três artigos estudados associados à aplicação do conceito de *Obeya Room*.

Tabela 2.4 - Tabela resumo de artigos revistos sobre aplicação do conceito de Obeya Room

Título	Ano	Autor	Atividade/Setor	Abordagem
Use of Obeya Visual Room in Entrepreneurial Decision-making	2017	Ahmad Alaasar	Indústria alimentar	Concessão duma Obeya room para a ilustração visual de um projeto
Digital Obeya Room: exploring the synergies between BIM and lean for visual construction management	2018	Daniel Nascimento, Rodrigo Caiado, Guilherme Tortorella, Paulo Ivson, Marcelo Meiriño	Construção	Concessão duma Obeya room para a ilustração visual de um projeto
Dealing with knowledge in a product development setting: an empirical analysis in the automotive industry	2018	Paolo Canonico, Stefano Consiglio, Ernesto De Nito, Vincenza Esposito, Mario Pezillo Iacono	Produção de motores para automóveis	Concessão de várias iterações duma Obeya room na progressão dum projeto

O principal tópico de pesquisa do estudo de Alaassar (2017) é a adaptação e utilização da *obeya* como ferramenta visual, de modo a investigar o impacto da visualização no decorrer de um projeto de tomada de decisão sobre a digitalização de um supermercado. Baseado na literatura associada à *obeya* aplicada no setor industrial, o autor considera várias regras e conceitos para a concessão e utilização da *obeya room*. As regras passam por:

- Identificar e clarificar os objetivos antes das reuniões;
- Convidar as pessoas certas para as reuniões;
- Ter as pessoas presentes devidamente informadas acerca dos objetivos e agenda;
- Recorrer à visualização ao máximo na *obeya*;
- Ser pontual no horário de começo e término das reuniões.

Para além disto, o autor insiste na utilização adequada de gráficos, tabelas ou desenhos para a demonstração apropriada de dados. A utilização de cores deve ser moderada e apenas destacar informação importante. Toda a informação deve ser facilmente compreensível e o fluxo de informação deve ser visual. Não devem haver cadeiras ou mesas no interior da *obeya*.

O autor decide construir a *Obeya Room* seguindo a lógica do ciclo *PDCA*. O objetivo é que sejam feitas várias iterações do ciclo *PDCA* de modo a que sejam implementadas ações de melhoria contínua e que se possa, progressivamente, ir melhorando e atualizando a própria *obeya room*. É apresentado na figura 2.15 a proposta da *Obeya Room* a construir.

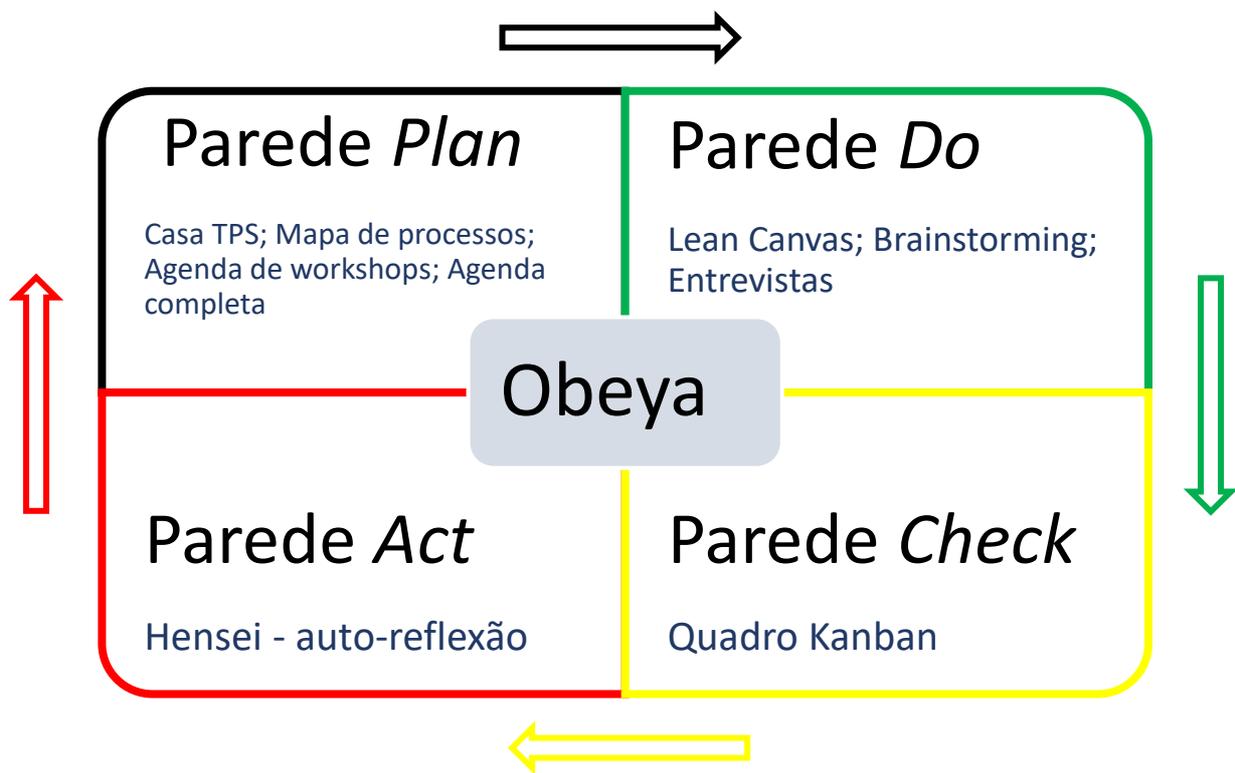


Figura 2.15 – Proposta de Obeya Room (adaptado de Alaassar (2017)).

A *obeya* foi construída e está apresentada na figura 2.16.



Figura 2.16 – Obeya Room construída (retirado de Alaassar (2017)).

Após a construção da *obeya* e conclusão do projeto, os intervenientes afirmaram que a *obeya room* desempenhou um importante papel na visualização de dados e que fez com

que a essência dos números fosse compreendida. Disseram que no lançamento de um novo produto ou serviço, ilustrar a vontade do cliente numa forma visual na *obeya room* tornou todo o processo mais fácil. Um interveniente afirmou ainda que mesmo pequenas ferramentas de visualização na *obeya room* como simples desenhos, podem representar imenso valor no desenrolar do projeto. É notado que, como toda a informação é visual na *obeya*, as discussões tornam-se mais eficientes e a equipa consegue chegar aos objetivos mais facilmente. O facto de não haverem cadeiras na sala proporcionou um ambiente mais interativo, sendo que os participantes se entendiam melhor ao lerem a linguagem corporal uns dos outros. É ainda referido que a *obeya room* se revelou um espaço onde a equipa pode ser flexível e criativa. A própria *obeya* foi construída por tentativa e erro, no sentido em que a equipa a foi alterando no desenrolar do projeto e concluíram que foi uma ótima abordagem. Consequentemente, a equipa revela que a aplicação de várias iterações do ciclo *PDCA* se revela muito eficaz no mundo empresarial.

Num outro estudo de Nascimento et al. (2018), é proposta a construção de uma *obeya room* digital com o intuito de contribuir de uma forma indisciplinar na gestão de um projeto integrado na indústria de construção. Tem-se como objetivos o planeamento e controlo da produção através da *obeya* e a simulação computacional de um modelo 3D que permita identificar interferências físicas e definir sequências de construção e montagem. A figura 2.17 representa a ilustração da *Obeya* digital proposta para a execução do projeto no âmbito da melhoria contínua, integrando o ciclo *PDCA* na concessão do projeto.

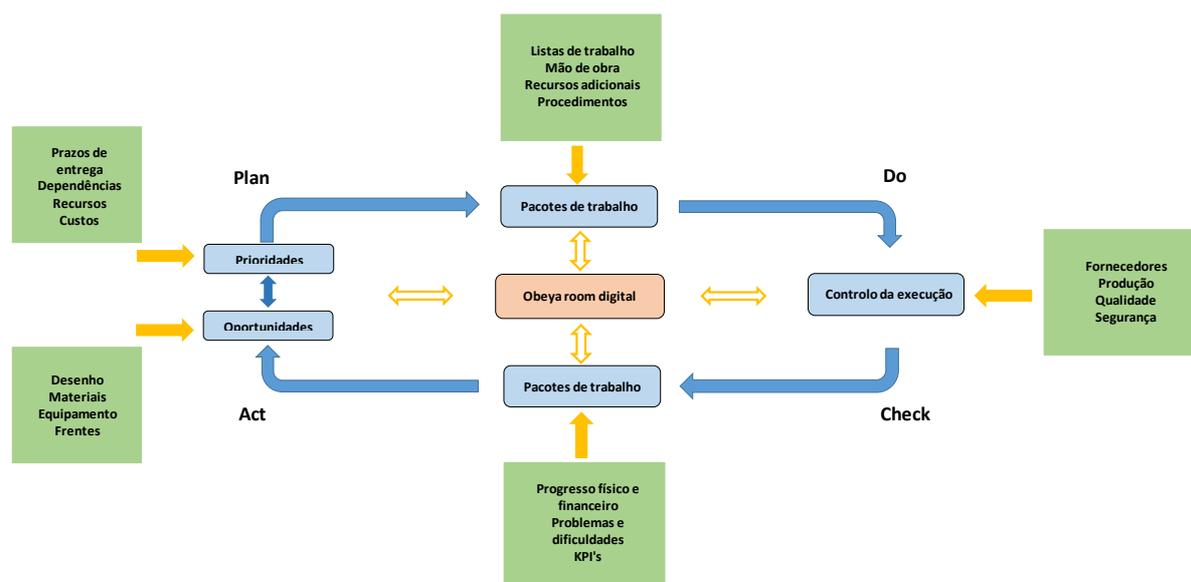


Figura 2.17 – Proposta de *Obeya Room* digital (adaptado de Nascimento et al. 2018).

Em todos os passos do ciclo *PDCA*, o sistema de visualização 3D é utilizado para simular e analisar planos de trabalho e contingências de uma forma visual e colaborativa. Todos os acionistas devem estar envolvidos em reuniões para definir ações dentro do ciclo *PDCA*, utilizando a visualização 3D de maneira a monitorizar tarefas. Assim, a tomada de decisões e a progressão do projeto é ditada segundo a informação visualizada pelo modelo 3D.

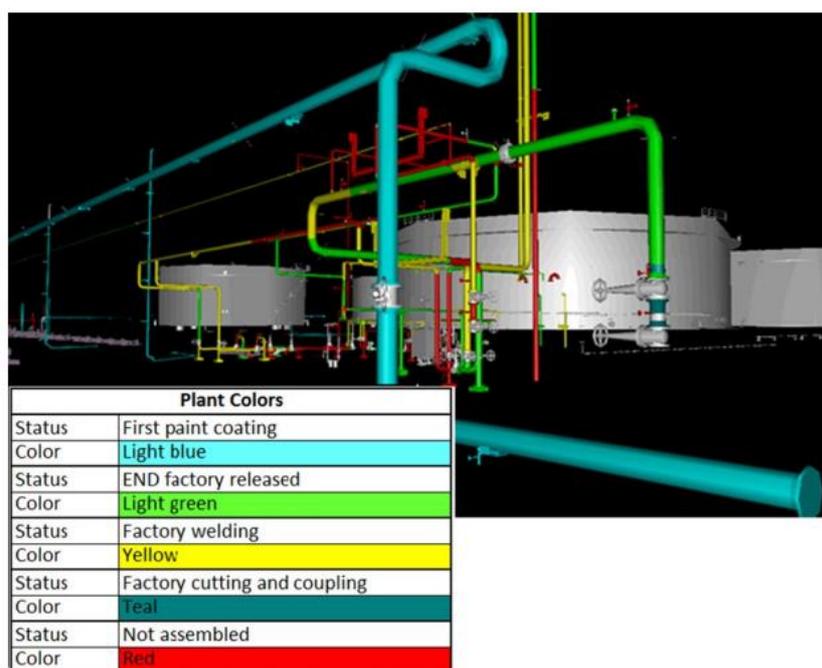


Figura 2.18 – Modelo 3D de apoio à tomada de decisão (retirado de Nascimento et al. (2018)).

O resultado esperado do estudo de Nascimento et al. (2018) e do projeto seria de acelerar a resolução de erros e eliminar as deficiências de informação entre equipas. Acreditava-se que estas deficiências podiam estar relacionadas com a falta de colaboração entre áreas, falta de visualização em tempo real, inexistência de reuniões numa grande sala e ausência de propósitos delineados para a tomada de decisão. Os participantes no projeto afirmam que a construção da *Obeya* digital fez com que fosse possível desenhar um plano de construção muito mais previsível, tornando a agenda de atividades mais exequível e melhorando a colaboração entre acionistas. Para estes acionistas, tornou-se fácil escolher estratégias de gestão adequadas, guiar as suas ações segundo os princípios prioritários e indicar em que fase do ciclo *PDCA* estas atividades decorreriam, otimizando a agenda, reduzindo desperdício, melhorando a qualidade, tendo um âmbito preciso, evitando erros, motivando equipas e promovendo uma gestão indisciplinar através da partilha de informação e comunicação clara entre os setores de óleo e gás.

O estudo de Canonico et al. (2018) investiga as relações entre a típica ferramenta de *Lean Production Development (LPD)* utilizada para a construção de *obeya rooms* e a gestão de conhecimento numa empresa produtora de motores para automóveis. O objetivo é aferir a contribuição da *obeya room* na gestão de conhecimento no desenrolar de um projeto de lançamento de um novo modelo de motores.

Neste sentido, a empresa decidiu criar salas que seguissem o conceito *Work Place Integration (WPI)* em que cada sala representa um “*loop*”. Estes “*loops*” representam quatro iterações da *obeya room* associada a este projeto com dados sobre todos os níveis associados à manufatura focando-se na eliminação de desperdício e redução de atividades sem valor acrescentado. Havia ainda o intuito de juntar nesta sala equipas formadas por elementos de diferentes áreas de modo a impulsionar inovação e resolução de problemas. O diagrama apresentado na figura 2.19 e a tabela 2.5 representam o planeamento dos diferentes “*loops*”.

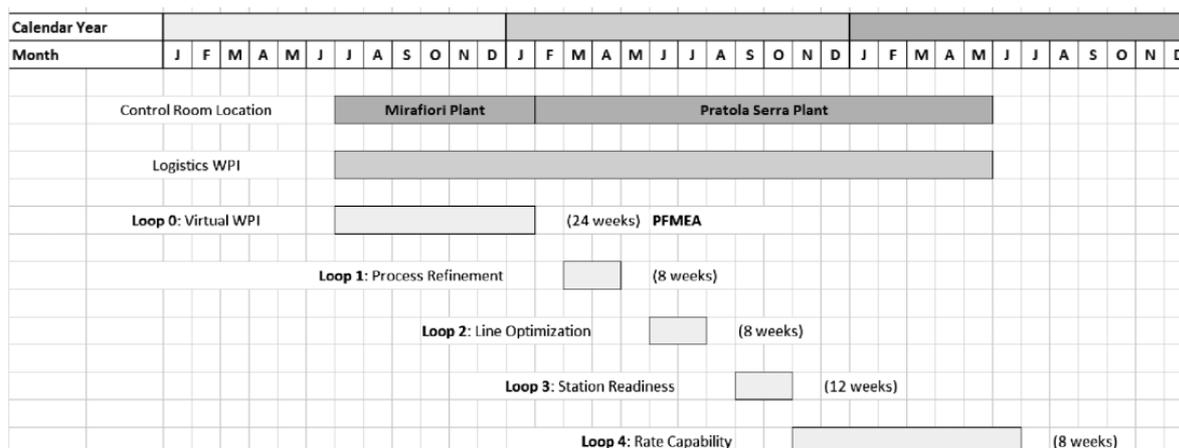


Figura 2.19 – Diagrama de planeamento dos “*loops*” (retirado de Canonico et al. (2018)).

Tabela 2.5 - Atividades a desempenhar em cada “loop” (adaptado de Canonico et al. (2018)).

Loop 0	Loop 1	Loop 2	Loop 3	Loop 4
KPIs	Ferramentas	Balanceamento de Linha	Kaizens	Validação de melhorias
Agendamento	Elementos	Análise ergonómica	Validação de estações	
Equipas	Preocupações de segurança e	Análise de <i>MUDA</i>		
Formações	Oportunidades	Implementação de melhorias		

Após a conclusão do projeto, foi reportado que a utilização de imagens, gráficos, cores e objetos facilita a compreensão de relações complexas entre diferentes fatores. Havia muita informação a ser projetada na sala, o que auxiliava na identificação de áreas que precisassem de mais atenção. Foi ainda recorrido a um simulador 3D de realidade virtual dentro da sala que permitia à equipa visualizar aspetos importantes no processo, clarificar e identificar problemas. Tanto o diretor de engenharia de produção como o diretor de qualidade afirmaram que a construção da *obeya* ajudou, principalmente, na visualização de informação, o que resultou numa maior envolvimento de toda a equipa no processo de tomada de decisão.

Não foi encontrada literatura de construção de *Obeya Rooms* no setor de produção de produtos eletrónicos para automóveis, pelo que se revela importante o presente estudo de caso.

## 2.5. Análise de literatura

Nesta parte será feita uma comparação de artigos dos vários conceitos acima dissecados (Lean, *PDCA* e *obeya room*). No final, pretende-se agregar as ideias destes três conceitos e propor uma metodologia de construção da *obeya room* com base na literatura encontrada.

Revelou-se interessante construir uma tabela comparativa entre os vários artigos descritos. Os artigos foram escolhidos com base na sua data, abordagem e setor, a fim de se analisar informação sobre a aplicação atual dos conceitos descritos no setor onde se integra o estudo de caso.

Tabela 2.6 - Comparação de artigos revistos

Tema Principal	Título	Ano	Autor	Atividade/Setor	Abordagem	Tema		
						VSM	PDCA	Obeya
VSM como ferramenta lean	Production Flow Analysis through Value Stream Mapping; A Lean Manufacturing Process Case Study	2012	Rahani AR, Muhammad al-Ashraf	Produção de componentes para motores	Construção de VSMS para identificação e redução de desperdício	x		
	Value Stream Mapping as Lean Production tool to improve the production process organization – case study in packaging manufacturing	2018	Dorota Klimecka-Tatar	Empacotamento de alimentos	Construção de VSMS para identificação e redução de desperdício	x		
	Implementation of Lean Manufacturing Process to Reduce Waste: A Case Study	2020	D Rahmanasari , W Sutopo, and J M Rohani	Produção de componentes eletrônicos	Construção de VSMS para identificação e redução de desperdício	x		
PDCA	Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) Cycle to Reduce the Defects in the Manufacturing Industry. A Case Study	2018	Arturo Realyvásquez-Vargas , Karina Cecilia Arredondo-Soto, Teresa Carrillo-Gutiérrez, Gustavo Ravelo	Produção de placas eletrônicas	Utilização do ciclo PDCA para reduzir desperdício		x	
	Practical Application of Plan–Do–Check–Act Cycle for Quality Improvement of Sustainable Packaging: A Case Study	2020	Vi Nguyen, Nam Nguyen, Bastian Schumacher, Thanh Tran	Empacotamento	Utilização do ciclo PDCA para melhorar a qualidade		x	
	PDCA cycle theory based avoidance of nursing staff intravenous drug bacterial infection using degree quantitative evaluation model	2021	Lina Jiang, Xiaofeng Sun, Cuicui Ji, Stefane Mostefa Kabene, Mohammed Yousuf Abo Keir	Serviços hospitalares	Utilização do ciclo PDCA para melhorar a qualidade	x	x	
Obeya Room	Use of Obeya Visual Room in Entrepreneurial Decision-making	2017	Ahmad Alaasar	Indústria alimentar	Concessão duma Obeya room para a ilustração visual de um projeto		x	x
	Digital Obeya Room: exploring the synergies between BIM and lean for visual construction management	2018	Daniel Nascimento, Rodrigo Caiado, Guilherme Tortorella, Paulo Ivson, Marcelo Meiriño	Construção	Concessão duma Obeya room para a ilustração visual de um projeto		x	x
	Dealing with knowledge in a product development setting: an empirical analysis in the automotive industry	2018	Paolo Canonico, Stefano Consiglio, Ernesto De Nito , Vincenza Esposito, Mario Pezzillo Iacono	Produção de motores para automóveis	Concessão de várias iterações duma Obeya room na progressão dum projeto			x

Quanto ao ciclo *PDCA*, confirma-se a ideia de que é utilizado como ferramenta para promover ações de melhoria contínua. No último artigo revisto referente ao ciclo *PDCA*, é interessante ver a combinação existente com uma ferramenta *lean* (5S) para a melhoria da qualidade no serviço hospitalar.

Através da revisão dos artigos revistos acerca de *Obeya Rooms* na atualidade, repara-se que o principal intuito desta sala é o de promover a eficiência de reuniões. Esta eficiência será promovida pela ilustração de informação fundamental, convocatória das pessoas certas e pela redução do período estipulado para as reuniões. É reforçada a ideia de que a *Obeya Room* é um espaço que deve despertar a criatividade das pessoas presentes e que, por esse motivo, deva ser palco para reuniões e discussões associadas a atividades a serem desenvolvidas no chão de fábrica. Essa criatividade deve ser aplicada no sentido de identificar e implementar oportunidades de melhoria. Estes artigos demonstram uma grande conexão com o ciclo *PDCA*, pelo que a construção da *Obeya Room* demonstra ter como base este conceito de modo a ilustrar as várias fases de implementação de oportunidades de melhoria.



## ESTUDO DE CASO

### 3.1. Indústria automóvel

Após ter sido expulso da sua própria empresa em 1902 pelos seus sócios devido a falta de produtividade, Henry Ford criou a sua própria empresa dedicada à produção de automóveis para o povo e em 1903 lança no mercado o primeiro automóvel industrializado. Denominado por *Model T*, este carro fez história por ser o primeiro automóvel com qualidade a ser vendido a um preço acessível ao povo norte-americano.

Apesar de tudo ter começado nos Estados Unidos da América, foi no Japão que se verificou a maior evolução na produção em massa de automóveis. A crise petrolífera em 1973 fez com que os principais produtores mundiais de automóveis se vissem na necessidade de otimizar o seu processo. É nesta altura que desenvolve o conceito de *lean manufacturing*. Este conceito criado na fábrica da Toyota no Japão com origem no *Toyota Production System (TPS)* visava melhorar as atividades que acrescentassem valor ao produto final, bem como reduzir os desperdícios associados ao processo.

Foi já na década de 80 que a indústria automóvel cresceu exponencialmente em todo o mundo. A produção mundial aumentou em mais de 100% devido, principalmente, à adesão do continente asiático ao mercado. Esta adesão tem um impacto visível ainda nos dias de hoje, uma vez que cerca de 50% dos automóveis produzidos no mundo são produzidos neste continente.

## 3.2. Empresa Visteon Corp.

A empresa onde foi realizado o estudo de caso foi a Visteon Corporation, nomeadamente na fábrica e escritório localizados em Palmela. Será de seguida contextualizado o âmbito da empresa, bem como um pouco da sua história e certos pormenores acerca da sua atividade económica.

Esta fábrica não nasceu com o nome ou mesmo com o propósito que tem hoje em dia. A organização começou com o nome de Ford Eletrónica em 1989, de forma a dar resposta à crescente procura associada à indústria automóvel que se verificava. O âmbito seria de produzir, principalmente, rádios para um único cliente final, a própria Ford. Dois anos após o seu nascimento, a fábrica já empregara mais de 1500 postos de trabalho em Portugal. Com o passar dos anos, a Ford Eletrónica chegou a expandir a sua gama de produtos, com uma nova fábrica dedicada à produção compressores automóveis (sistema de ar condicionado). A 28 de Junho do ano de 2000, a Visteon torna-se independente, adotando o nome de Visteon Corporation, empresa dedicada ao fornecimento de módulos eletrónicos para o cockpit de automóveis.

Hoje em dia a Visteon lidera este mercado dando suporte a, praticamente, todos os líderes do mercado automóvel. Produz *Clusters*, *Head-up Displays*, *Information Displays*, produtos de *Áudio*, *Cockpit Domain Controllers* e *Autonomous Driving Platforms*. A organização conta já com mais de 10 000 empregados por todo o mundo, sendo que a fábrica de Palmela emprega cerca de 1 000.

A estrutura organizacional da fábrica está representada abaixo na figura.

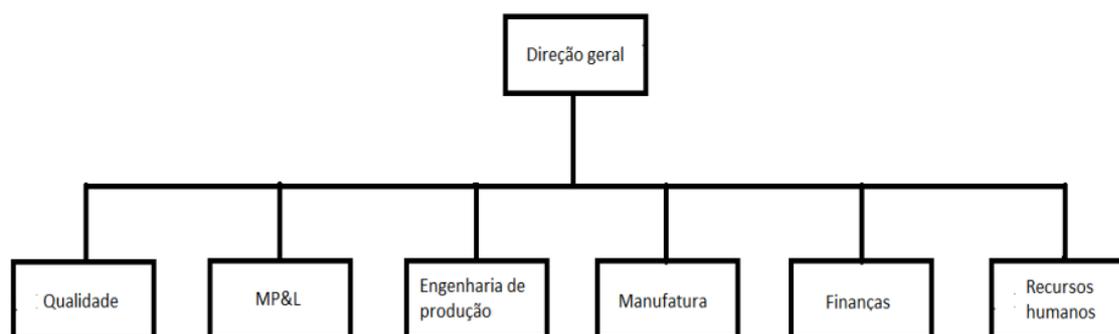


Figura 3.1 – Estrutura organizacional Visteon Corp.

O estudo de caso desenvolvido na empresa foi inserido no departamento da manufatura, porém contou com o auxílio de todas as outras áreas acima apresentadas.

### 3.2.1. Manufatura na Visteon Corp

O departamento de manufatura, onde foi realizado o estudo de caso, tem como âmbito o controlo e resolução de problemas associados à produção. Os engenheiros que trabalham nesta área devem controlar métricas associadas ao desempenho, disponibilidade e qualidade dos processos e garantir que o cliente recebe a quantidade exata requerida, no período de tempo estipulado sem qualquer defeito.

A manufatura está dividida em quatro áreas distintas que são de seguida ilustradas.

#### **Área de *Board Preparation* (Board Prep)**

Esta área é responsável pela montagem e testagem de *PCBs* para os produtos produzidos nesta fábrica. Atualmente, o método utilizado é o *Surface Mount Technology (SMT)* que consiste na soldadura de componentes eletrónicos a uma *PCB*. O processo consiste na aplicação de uma pasta de solda em localizações predefinidas para os diversos componentes eletrónicos e a posterior colocação desses componentes nas respetivas localizações. Os componentes eletrónicos são devidamente soldados após a passagem da *PCB* num forno. Após estes processos a placa é testada e, caso não chumbe em nenhum teste, é armazenada no fim da linha de produção.

#### **Área de injeção de plásticos**

Nesta área é efetuada uma injeção de materiais de plástico para partes do produto final. O plástico, em forma de granulado, é transferido por um tubo através de vácuo até à máquina de injeção. Antes de ser injetado, o material é sujeito a altas temperaturas a fim de ser fundido e, de seguida, injetado num molde correspondente à forma desejada do produto.

#### **Área de injeção de magnésio (*Thixomolding*)**

O processo descrito para a injeção de plásticos é igual ao processo de injeção de magnésio, porém, devido às características do material, a temperatura atingida anteriormente ao processo de injeção é bastante superior à temperatura atingida no processo de injeção de plásticos.

#### **Área de *Final Assembly***

Esta é a área onde o produto final é montado. É reunido o produto acabado das outras áreas e outros produtos adquiridos exteriormente à organização e produzido o produto final a entregar ao cliente. As linhas de produção desta área são, maioritariamente, montadas em formato de *Robotic Arm Cell (RAC)*, que consiste numa célula com braços robóticos que efetuam as transferências do produto entre processos. Tal como na área de *Board Prep* o produto é testado após a sua montagem.

### 3.3. Proposta do modelo de construção da *Obeya Room*

Nesta parte, será proposto um modelo de construção da *obeya room* com base na literatura encontrada e descrita anteriormente.

Face a uma auditoria *lean* feita à empresa, a Visteon decidiu desenvolver um projeto sugerido pelos auditores que consistiria na criação de uma “linha perfeita” aos olhos de mentalidade *lean*. Foi proposto que esse projeto se desenvolvesse em torno do produto com melhor desempenho e onde fosse mais fácil a implementação de melhorias.

Nesse sentido, na construção da *obeya room*, sugere-se a criação de uma matriz *Hoshin-Kanri* de modo a identificar principais *KPIs* que sirvam de métrica para classificar o desempenho de cada produto e para identificar áreas onde se possam aplicar futuras melhorias. De seguida, é proposta a construção de um *VSM* global de toda a fábrica de modo a identificar, juntamente com os *KPIs* previamente definidos, o produto mais conveniente a incidir o projeto.

Como verificado em todos os artigos revistos de *lean*, a construção de um *VSM* do estado corrente é um elemento chave para a identificação de desperdício. Assim, sugere-se a construção de um *VSM* de todas as linhas de produção associadas ao produto escolhido. Após o desenho do fluxo produtivo associado ao produto, segue-se para a identificação de desperdício e propostas de melhoria.

Em termos de *layout*, verificou-se que na maior parte dos artigos revistos relativos à construção de *Obeya Rooms* se baseavam na associação do ciclo *PDCA* com as paredes físicas da sala. É proposto então que cada parede da *Obeya Room* represente uma fase do ciclo *PDCA* no decorrer do projeto. Assim, as ferramentas *lean* e ações acima propostas estariam associadas à parede do *Plan*, onde segundo os principais *KPIs*, se escolheria uma proposta de melhoria para ser aplicada no fluxo produtivo do produto e se desenvolveria um estudo associado a essa melhoria. A implementação da melhoria seria reportada na parede do *Do* e os resultados da sua aplicação seriam verificados na parede do *Check*. Caso a melhoria se comprovasse válida, na parede do *Act* as ações seriam padronizadas de modo a poderem ser aplicadas a outras linhas de produção.

Este estudo de caso apenas se irá focar no desenvolvimento de uma proposta de melhoria, contudo deverão haver tantas iterações da *Obeya Room* como melhorias propostas para este produto.

Através da literatura encontrada sobre a *Obeya Room*, verificou-se que nos artigos, o apelo à visualização é frisado. Assim, a *Obeya Room* a ser construída terá o intuito de ser um espaço dedicado a reuniões, onde toda a informação estará disponível através de

aplicação de ferramentas *lean* alocadas às várias fases do ciclo *PDCA* (mais na fase do *Plan*) e em que os intervenientes serão de várias áreas e com diferentes responsabilidades. Pretende-se que a construção da *Obeya Room* resulte na redução de desperdício associado ao produto escolhido e também na redução de desperdício associado ao desenvolvimento do próprio projeto, isto é, que a *Obeya Room* se demonstre capaz de acelerar o processo de desenvolvimento do projeto, tornando-o mais eficiente.

O *layout* da *Obeya Room* está representado na figura 3.2.

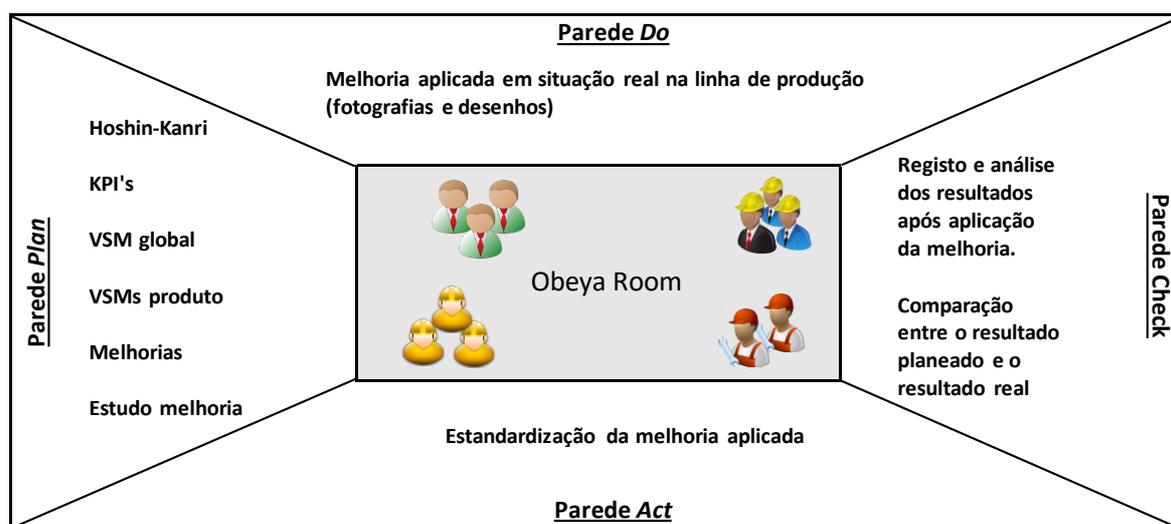


Figura 3.2 – Proposta de *Obeya Room* para o estudo de caso.

### 3.4. Construção da *Obeya Room*: Ilustração de objetivos, métricas e fluxo produtivo

Nesta fase será apresentada a forma como foi planeado o projeto para a implementação de melhorias. É descrito todo o processo de identificação de métricas para avaliar as linhas de produção e escolhida e tratada uma melhoria a aplicar, que será aprofundada no capítulo seguinte. Toda esta análise é reportada e ilustrada na parede do *Plan* da *Obeya Room*.

#### 3.4.1. Hoshin Kanri

A construção da matriz *Hoshin-Kanri* segue a estrutura do modelo de construção da *Obeya Room* sugerido nesta dissertação e marca o início do processo de construção da *Obeya*



Esta é já a matriz de nível 2 *Hoshin-Kanri*, sendo que a matriz de nível 1 corresponde ao às ações de melhoria do diretor da fábrica. Para a construção e desenho da matriz, começou-se por identificar os objetivos do nível superior (*Annual Policy Breakthrough Objectives*) na parte inferior à matriz. Esses objetivos são depois alinhados com as melhorias prioritárias do nível superior (*Top Level Improvement Priorities*) do lado esquerdo da matriz. Estes dois campos da matriz de nível 2 são diretamente retirados da matriz de nível 1. A seguir, são definidas melhorias de segundo nível no topo da matriz (*Second Level Improvement*) e associam-se estas melhorias com as melhorias prioritárias do primeiro nível. Do lado direito da matriz, são anotados parâmetros que aferem se os objetivos estipulados inicialmente são atingidos através da implementação das melhorias sugeridas na matriz (*Targets to improve*). É ainda especificada a pessoa responsável pela aplicação das respetivas melhorias.

### 3.4.2. KPIs

Sugere-se que a definição dos *KPIs* esteja de acordo com os “*targets to improve*” e os objetivos de segundo nível anotados na matriz *Hoshin-Kanri*. Estes *KPIs* desempenham um importante papel para definir objetivos de melhoria e construir o VSM global da fábrica, onde a caixa de dados associada a cada processo terá métricas diretamente associadas a esses *KPIs*.

### 3.4.2.1. Identificação de KPIs (OEE)

Reduce WC with Manufacturing root cause by 50%			●					
Control top 3 manufacturing causes of production loss		●						Δ
Overcome eFIN on selected programs to close the gap between CWS and eFIN								●
Align CWS with eFIN for top 10 programs								●
Reduce by 25% the FA scrap on special programs							●	
Achieve target of 0.13% scrap on BP and FASSY (exception to special programs)							●	
Assure that 1MW of energy consumed is self-produced				●	●			
Optimize energy used on manufacturing activities				●				
Develop 3 pilot projects on M2M and AI at shopfloor	●	○	●					
<div style="text-align: center;"> <p><b>Second Level Improvement</b></p> <p><b>Top Level Improvement Priorities</b></p> <p><b>Targets to Improve</b></p> <p><b>Annual Policy Breakthrough Objectives</b></p> </div>	Reduce inventory on shopfloor POU by 10%	Reduce BTS losses caused by Manufacturing to a max. of 7%	Reduce Manufacturing contribution to WC to 25% (20 pp improvement yoy)	Reduce MWh per unit produced by 5%	Increase the renewable energy used in the plant by 24pp	Reduce manufacturing scrap to 0.26% of BoM (29pp of improvement yoy)	Reduce CWS by xxxM EUR	

Figura 3.4 - Identificação de KPIs (OEE)

A imagem acima é retirada da matriz *Hoshin Kanri* já apresentada. Verifica-se que no segundo nível de melhorias se apela ao controlo das três principais causas à perda de produção e que são avaliadas pela redução da *Bulit To Schedule (BTS)* e da *Current Work Standard (CWS)*. Sendo que as principais causas de perda de produção estão associadas à qualidade, desempenho e disponibilidade de equipamentos, a *OEE* revela-se um importante *KPI* para o aferimento de eficiência de linhas de produção e processos. Métricas chave a serem acompanhadas serão a produção horária, o tempo de paragens, o tempo disponível, o número de peças rejeitadas e a produção total diária.

Consequentemente, o *cycle time* e o *changeover time* de cada processo e linha revelam-se métricas importantes, já que têm um impacto direto nas três principais causas de perda de produção.

### 3.4.2.2. Identificação de KPIs (Scrap)

Reduce by 25% the FA scrap on special programs						●
Achieve target of 0.13% scrap on BP and FASSY (exception to special programs)						●
Assure that 1MW of energy consumed is self-produced				●	●	
Optimize energy used on manufacturing activities				●		
Develop 3 pilot projects on M2M and AI at shopfloor	●	○	●			
<div style="text-align: center;"> <b>Second Level Improvement</b>  <b>Top Level Improvement Priorities</b>  <b>Targets to Improve</b>  <b>Annual Policy Breakthrough Objectives</b> </div>	Reduce inventory on shopfloor POU by 10%	Reduce BTS losses caused by Manufacturing to a max. of 7%	Reduce Manufacturing contribution to WC to 25% (20 pp improvement yoy)	Reduce MWh per unit produced by 5%	Increase the renewable energy used in the plant by 24pp	Reduce manufacturing scrap to 0.26% of BoM (29pp of improvement yoy)

Figura 3.5 – Identificação de KPIs (Scrap)

Seguindo a mesma lógica, verifica-se que no segundo nível de melhorias se apela à redução de *Scrap* em todas as linhas da fábrica e que tal objetivo será aferido segundo a percentagem de *Scrap* reduzido associado à manufatura. Assim, o *Scrap* associado a cada linha de produção e processo é um *KPI* essencial para a avaliação do desempenho da fábrica.

### 3.4.2.3. Identificação de KPIs (Inventário)

Develop 3 pilot projects on M2M and AI at shopfloor	●
<div style="text-align: center;"> <b>Second Level Improvement</b>  <b>Top Level Improvement Priorities</b>  <b>Targets to Improve</b>  <b>Annual Policy Breakthrough Objectives</b> </div>	Reduce inventory on shopfloor POU by 10%

Figura 3.6 – Identificação de KPIs (inventário)

Por último, é mencionado o desenvolvimento de projetos piloto para a redução de inventário localizado no chão de fábrica. Este objetivo será medido pela percentagem de redução de inventário dos *Points Of Use (POUs)*. Sendo que se pretende desenvolver um projeto numa linha piloto na área de *lean*, considerar o inventário na linha como um *KPI* revela-se bastante útil para a visualização de desperdício.

### 3.4.3. VSM global

Depois de alinhados os objetivos e escolhidos os *KPIs*, de modo a escolher o produto onde incidir o projeto da “linha perfeita” sugerido pela auditoria *lean*, verificou-se a necessidade de criar um VSM global da fábrica e expô-lo na *Obeya Room*. O VSM global da fábrica tem também a função de proporcionar uma visualização global de todo o processo produtivo que ocorre dentro das portas da fábrica. Assim, a colocação deste VSM na *Obeya Room*, poderá desempenhar um importante papel no desenvolvimento de outros projetos alocados a diferentes produtos.

A construção do VSM foi dividida em cinco distintos setores:

- Área de logística de armazém
- Área de *Board Prep*
- Área de *Final Assembly*
- Área de injeção de plásticos
- Área de injeção de magnésio (*Thixomoloding*)

De modo a mapear todo o processo das operações efetuadas na fábrica, foi atribuída à equipa de melhoria contínua a tarefa de acompanhar, anotar e analisar todos os dados dos vários produtos finais, desde que a matéria-prima necessária para a produção desses produtos é requisitada aos respetivos fornecedores, até que o produto final é expedido para o cliente. De modo a alocar esses dados aos respetivos processos, decidiu-se criar dois tipos de caixas de dados padronizadas, uma respetiva a processos logísticos e outra respetiva a processos produtivos.

A caixa de dados respetiva a processos logísticos está representada abaixo.



Figura 3.7 – Modelo de caixa de dados para processos logísticos

Como verificado acima, a mesma caixa de dados para processos logísticos apresenta duas iterações com a mesma natureza de dados. É sugerido que uma das caixas de dados represente a receção de material e outra represente o armazenamento de material. Em ambas, são indicadas informações sobre a identificação do material, o número de operários necessários à operação, o *cycle time* (CT), o inventário associado e o número de turnos em que este processo é desempenhado.

De modo a preencher os dados destas caixas, foram recolhidas informações a identificação das matérias-primas, sobre o número de operadores alocados a cada processo e o número de turnos. O nível de inventário, apontado previamente como KPI, foi alocado recorrendo ao *Quality Application Delivery (QAD)*, uma aplicação *Enterprise Resource Planning (ERP)* que combina funções de negócio das áreas de manufatura, cadeia de abastecimento, operações e finanças num único sistema. Devido à variável de peso, forma e dimensão de cargas, a recolha do *cycle time* tornou-se mais complexa. Assim, foi acordado que o *cycle time* associado à receção e armazenamento de materiais seria igual ao maior valor recolhido, o que corresponderia à receção e armazenamento da carga mais complexa.

Por outro lado, as caixas de dados associadas aos processos produtivos mostram-se um pouco mais complexas e estão representadas na figura 3.8.

SMT LX	Inj - MáquinaX	Inj - MáquinaX	F.Assy - ProdutoX
NºOperators	NºOperators	NºOperators	NºOperators
			
CT ProdutoX(Avg) =	CT ProdutoX(Avg) =	CT ProdutoX(Avg) =	CT (Avg) =
FTT ProdutoX(Avg) =	FTT ProdutoX(Avg)=	FTT ProdutoX(Avg)=	FTT (Avg) =
Scrap ProdutoX (Avg) =	Scrap ProdutoX(Avg)=	Scrap ProdutoX(Avg)=	Scrap (Avg) =
OEE ProdutoX (Avg) =	OEE ProdutoX(Avg)=	OEE ProdutoX(Avg)=	OEE (Avg) =
Contrainst ProdutoX=	Contrainst ProdutoX=	Contrainst ProdutoX=	Contrainst =
Nº Shifts =	Nº Shifts =	Nº Shifts =	Nº Shifts =
C/O =	C/O =	C/O =	C/O =

Figura 3.8 - Modelo de caixa de dados para linhas de produção

Como verificado, a mesma caixa de dados tem quatro diferentes iterações, consoante a natureza da área a que cada processo produtivo está alocado. A caixa de dados deve dar informações sobre a identificação da linha e/ou produtos, quantidade de operários alocados, *cycle time*, *First Time Through (FTT)*, *Scrap*, *OEE*, constringimento, número de turnos e *changeover time* associado à linha e/ou produto do processo produtivo. É de notar que nas linhas associadas à área de *Board Prep*, injeção de plásticos e *thixomolding* podem haver diferentes produtos associados à mesma linha de produção.

Em relação à identificação da linha e/ou produto, número de operários, *Scrap* e número de turnos, a informação foi obtida pelo diálogo a com os diversos engenheiros de processo alocados às diferentes linhas de produção. O *cycle time*, o constringimento e o *changeover time* foram retirados de ficheiros chamados de *contain* associados a cada linha de produção.

O *FTT* foi obtido pela simples anotação do valor mensal correspondente a cada linha e/ou produto e foi recolhido de um *dashboard* criado internamente que regista a progressão deste *KPI*. Para o cálculo da *OEE* foi utilizada uma abordagem diferente da normalmente utilizada. Calculou-se a eficiência da linha de produção, combinando a disponibilidade, o desempenho e o *FTT* num indicador só. Assim, através da plataforma *Computer Integrated Manufacturing (CIM)*, desenvolvido internamente pela equipa de *Manufacturing Execution Systems (MES)*, onde se pode verificar a progressão da produção associada a cada linha de produção, registou-se a produção horária num mês e, recorrendo ao *cycle time* associado a cada processo produtivo, foi possível efetuar o cálculo da *OEE*. A equação (7) representa o cálculo ilustrado.

$$OEE = \frac{\text{Produção horária mensal real (CIM)}}{\text{Produção horária ideal (cycle time)}} \quad (7)$$

O cálculo da *OEE* para todas as linhas da fábrica pode ser consultado em anexo.

Após a coleção e tratamento de todos os dados, o VSM global da fábrica foi construído e pode ser consultado em anexo.

#### 3.4.3.1. Critérios e seleção do produto

Tal como proposto pelos auditores *lean*, pretende-se que se escolha o melhor produto da fábrica ou onde a aplicação da metodologia *lean* se revele mais fácil. Através da identificação de *KPIs*, foi possível construir um VSM global da fábrica onde se identifica visualmente as linhas de produção com maior cadência (através do *cycle time*), com menor *changeover time*, melhor qualidade (*SCRAP* e *FTT*) e melhor desempenho geral (*OEE*). De modo a proceder-se à escolha acertada do produto, ilustrou-se o VSM global da fábrica na parede do *Plan* da *Obeya Room*. O produto escolhido acabou por ser o MRA, cuja justificação será apresentada após uma breve descrição do produto.

#### 3.4.3.2. Caracterização do produto

O produto em estudo é uma *Silver Metal Box*, que tem a função de controlar todo o cockpit do automóvel. As figuras 3.9 e 3.10 representam o produto em estudo como produto final e vista explodida, respetivamente.

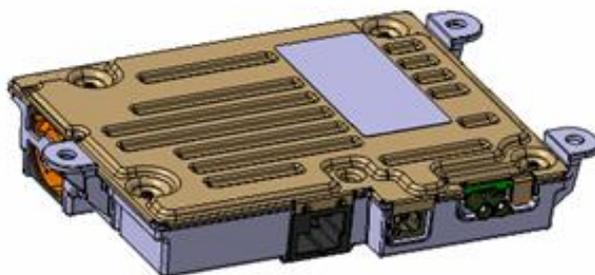


Figura 3.9 – Ilustração 3D do MRA montado

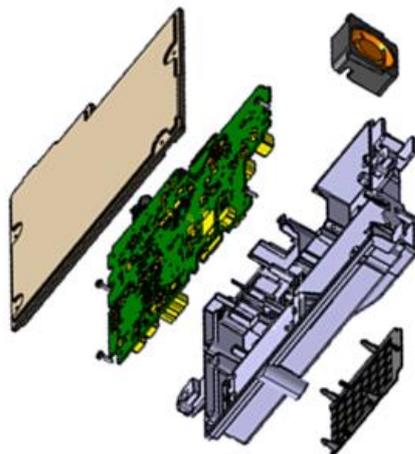


Figura 3.10 – Ilustração 3D da vista explodida do MRA

Através da observação da vista explodida do produto final, é possível identificar cinco partes distintas que originam este produto. Apenas três destas cinco são fabricadas pela fábrica de Palmela: A *Printed Circuit Board (PCB)*, o *Housing* e o *Airflow*. As outras duas partes são adquiridas através de fornecedores externos à organização.

A *PCB* é a parte do produto final com mais valor. Este consiste numa placa que contém e conecta todos os componentes eletrónicos presentes no produto (como resistências, transistores, díodos, ...) e está representado a verde na vista explodida do produto final. Esta parte é montada e testada numa linha de *Board Prep*, nomeadamente a linha 4.

O *Housing* é uma peça de metal que reveste e protege todo o *PCB* e é concebido na área de injeção, sendo que é representado a cinza clara na vista explodida do produto final.

O *AirFlow* (peça de plástico) tem a função de controlar a temperatura dos componentes eletrónicos, evitando que a placa sobreaqueça no interior do *housing* e está representada a preto na vista explodida do produto final.

A *Fan* (ventoinha) é utilizado para arrefecer todo o módulo e está representado a preto e cor de laranja na vista explodida do produto final.

A *Top Cover* (tampa) fecha todo o módulo e está representado a castanho claro na vista explodida do produto final.

#### **3.4.3.3. Justificação da seleção do produto**

Devido principalmente ao facto de ser o único produto da fábrica a ter uma linha de *Board Prep* e uma linha de *Final Assembly* totalmente dedicadas à sua produção, o produto escolhido foi o MRA. Esta particularidade demonstra um grande impacto no *changeover time* associado à produção deste produto. Por outro lado, a cadência das linhas de produção associadas a este produto revelam-se altas quando comparando com o resto da fábrica e a *OEE* aproxima-se da classe mundial, 85%. A figura 3.11 foi concebida através do VSM global da fábrica onde as várias linhas associadas ao MRA estão representadas por caixas de dados.

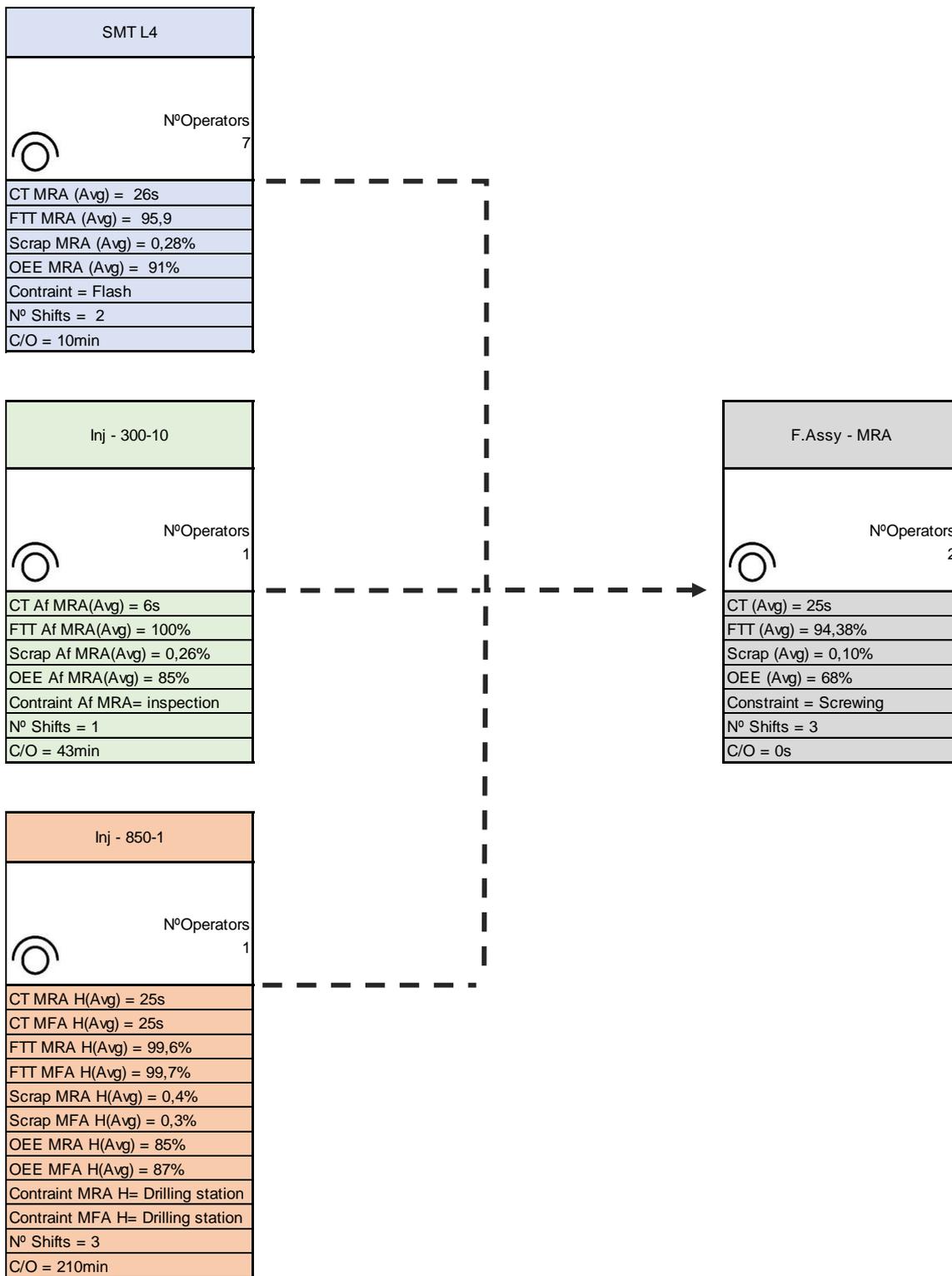


Figura 3.11 - Representação das linhas de produção do MRA no VSM global

Após a escolha do produto a equipa do projeto cresceu, uma vez que se juntaram à equipa os engenheiros de processo responsáveis por cada uma das linhas de produção do MRA.

### 3.4.4. VSMS do produto escolhido

Nesta parte será ilustrada a forma como foram construídos os VSMS do MRA.

#### 3.4.4.1. Obtenção de dados para o preenchimento dos VSMS

Após a escolha do produto onde incidir o projeto, pretende-se prosseguir para a construção dos VSMS associados a cada linha de produção. Para o fazer, esta parte da dissertação apresentará os passos seguidos para a recolha de dados para o preenchimento dos VSMS.

Como verificado nos artigos revistos, a construção dum VSM que represente o fluxo produtivo revela ser a ferramenta chave para a concessão dum projeto na área de *lean*. Neste caso, como os VSMS a serem construídos são destinados a uma *Obeya Room*, a caixa de dados dos processos deve conter o máximo de informação relevante possível e exposta da melhor forma. Tal como no VSM global, os *KPI*'s da fábrica revelam-se importantes para a decisão de informação a inserir nestas novas caixas de dados. Contudo, pretende-se tornar a informação presente o mais visual possível com o intuito de identificar facilmente desperdício e problemas. Assim, para processos desempenhados por máquinas, decidiu-se decompor a *OEE* nos seus três parâmetros e realçar a encarnado o ou os que mais contribuem para a degradação da eficiência do processo. A caixa de dados associada a estes processos está representada na figura 3.12.

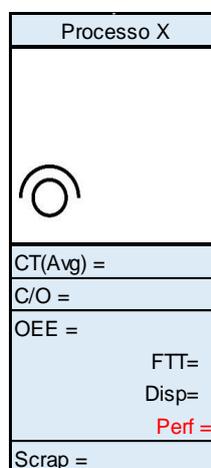


Figura 3.12 - Modelo de caixa de dados para processos nas linhas de produção do MRA

### **Cycle time e Changeover time**

O *cycle time* e o *changeover time* de cada processo foram cronometrados, em vez de retirados do ficheiro do *contain*. Para o *cycle time* dos processos foram efetuadas trinta observações, considerado como o número adequado de observações para o registo de *cycle times* (Nash e Poling 2008). Para o registo do *changeover time* de cada processo registaram-se apenas três observações. O registo destes tempos pode ser encontrado em anexo.

### **Ocupação de operários**

A ocupação dos operários nos processos foi calculada através dum ficheiro com as atividades e tempos padronizados para as linhas de *Board Prep* e *Final Assembly*, para as outras linhas não foi necessário recorrer a nenhum ficheiro, já que a determinação da ocupação dos operários por processos era direta.

### **Scrap**

O *Scrap* de cada processo foi fornecido pelos engenheiros de processo das respetivas linhas de produção.

### **OEE**

Para a determinação da *OEE* calculou-se os seus três parâmetros separadamente. O *FTT* de cada processo foi retirado dum *dashboard* interno à empresa. Para as máquinas de inserção de componentes foi ainda adicionada uma linha com informação sobre a falha de inserção de componentes em *Parts Per Million (PPM)*.

Para o cálculo da disponibilidade, calculou-se, para um mês, o número de horas de trabalho disponíveis e depois subtraiu-se as horas associadas a paragens não programadas e *changeovers* de modo a obter as horas de trabalho efetivo. A disponibilidade foi determinada fazendo o rácio entre as horas de trabalho efetivo e as horas disponíveis.

O desempenho/*performance* para cada processo foi calculado através do rácio entre a produção real mensal e a produção ideal para as horas de trabalho efetivo desse mês.

Para a determinação final da *OEE* multiplicou-se os três parâmetros. Todos estes cálculos podem ser verificados em anexo.

### **Inventário**

Todo o inventário nas linhas de produção associadas ao MRA foi fornecido pelo engenheiro de processo alocado a cada uma das linhas.

### **Processos logísticos**

A parte superior dos VSMS com informação sobre o processo e logística de obtenção da matéria-prima foi obtida através do MP&L, área da empresa alocada a atividades logísticas.

#### **3.4.4.2. Descrição das linhas de Produção e respetivos VSMS**

Nesta parte da dissertação serão descritas as linhas de produção associadas ao produto escolhido e apresentados os respetivos VSMS.

##### **1. Linha 4 do *Board Prep***

Esta linha é localizada na área de *Board Prep*, que se destina, exclusivamente, à preparação e testagem de *PCBs*. Tal como todas as linhas da área de *Board Prep*, a linha 4 é dividida em três setores: *top*, *bottom* e *test*. Todas as interações entre máquinas nesta área são feitas através de tapetes rolantes. O input da linha é feito no setor de *top*, onde são colocadas as *PCBs* em lotes de quarenta *mother boards* (cada uma com duas filhas) ainda sem qualquer componente eletrónico inserido, num dispensador de placas, que alimenta as placas uma a uma. De seguida, as placas são identificadas através na *Label Placement Machine* e seguem para a máquina de MPM que coloca uma pasta de solda nos locais da placa destinados a componentes eletrónicos. Após este processo, a colocação da pasta de solda é testada na máquina de *Solder Paste Inspection (SPI)*, verificando se a pasta foi corretamente colocada segundo as coordenadas predefinidas e, finalmente, segue para as inseroras de componentes eletrónicos, duas máquinas AX e uma *Iflex*. Ambas as máquinas desempenham a mesma função, porém os componentes inseridos na máquina *Iflex* são de maiores dimensões. A alimentação dos componentes nas inseroras é feita através de *reels*, longos rolos compostos por o mesmo componente eletrónico que são substituídos pelas operárias da linha quando necessário. De seguida, a placa passa por um forno, de modo a soldar os componentes à placa e segue para a máquina de *Automated Optical Inspection (AOI)* que testa a soldadura e a posição dos componentes.

Depois, a placa é invertida 180 graus e o mesmo processo anteriormente descrito é repetido (a partir da máquina MPM) no outro lado da placa no setor *bottom* da linha, mas com outras componentes.

Por fim a placa entra no setor de *test*. Aqui a linha divide-se em dois ramais iguais constituídos pela máquina de raio X, Manufacturing Defect Analyzer (*MDA*) e *Flash*. O raioX corre um teste para tentar identificar possíveis falhas nos componentes eletrônicos, através da captação de radiação emanada por esses componentes. A máquina de *MDA* é utilizada para testar as funcionalidades das componentes eletrônicas inseridas na placa e caso algo falhe no teste, a placa é encaminhada pelos tapetes rolantes até à estação de reparação. A *PCB* é de seguida sujeita à máquina de *Flash*, responsável por inserir o *software* na placa. Por fim, a singuladora é a máquina utilizada para transformar a *mother board* em duas *daughter boards*, através dum corte e com auxílio de um braço robótico.

As placas são colocadas num tapete rolante e de seguida arrumadas pela operadora em tabuleiros com capacidade para 22 placas. O processo acaba com a armazenagem destes tabuleiros no *Market place* por parte da operadora.

É apresentada abaixo o layout da linha 4 do Board Prep, com o mero objetivo de ilustrar o fluxo de processos. Em anexo é possível verificar a versão ampliada deste layout.

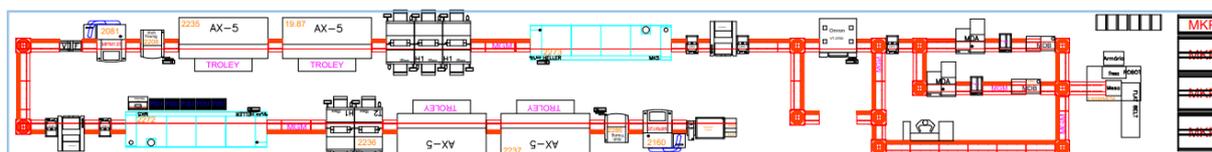


Figura 3.13 - Layout da linha 4 do Board Prep

O VSM correspondente a esta linha pode ser encontrado em anexo.

## 2. Linha de injeção de magnésio (*Thixomolding*)

O magnésio é armazenado em bruto na forma de granulado num silo. O processo começa quando o material é puxado do silo para a máquina de injeção através de vácuo. O magnésio é injetado no molde e a peça é retirada da máquina por um braço robótico. O resultado da injeção é uma peça que dá

origem a dois  *housings*  ligados por um gito. De seguida a peça é colocada numa  *cooling station*  a arrefecer para depois ser efetuado o corte do gito. Depois um outro braço robótico retira a peça da máquina de corte e, com auxílio deste braço, o  *housing*  é furado em quatro sítios e colocado num tapete rolante. Este tapete rolante transporta  *housings*  de todas as outras máquinas de injeção de magnésio para o processo de  *vibrafinishing* . Este processo consiste em colocar os  *housings*  num contentor que vibra e que contém no seu interior pedras próprias para polir os  *housings*  também no interior do contentor. De seguida o  *housing*  passa num forno e é, posteriormente, sujeito a uma inspeção visual suportada por um operador, que é também responsável por arrumar os  *housings*  em caixas para seguirem para armazém e, seguidamente, serem utilizados na linha de  *Final Assembly* .

O VSM correspondente a esta linha pode ser encontrado em anexo.

### 3. Linha de injeção de plástico

À semelhança da linha de injeção de magnésio, o material utilizado para a injeção de plástico é armazenado em silos em forma de granulado. O material é então puxado por vácuo dentro de um tubo até uma estufa onde fica a secar cerca de três horas. De seguida, e também por vácuo, o material entra na máquina de injeção. O resultado da injeção origina oito peças de produto acabado e um robot é responsável por coloca-las num tapete rolante que as leva até à estação de inspeção, assegurada por um operador. A inspeção é visual e, após inspecionada, a peça é largada para dentro numa caixa com capacidade para seiscentas peças no total. Estas caixas são depois armazenadas em lotes de dezasseis caixas no armazém dos plásticos.

O VSM correspondente a esta linha pode ser encontrado em anexo.

### 4. Linha 12 do Final Assembly

A maior parte das linhas de produção da área de  *Final Assembly*  (incluindo a linha 12) trabalham num  *layout*  distinto ao convencional. Estas linhas são montadas num  *layout*  em  *Robotic Arm Cell (RAC)* , uma célula de produção fechada onde braços robóticos são utilizados para transportar as

peças em linha de processo para processo. Quem alimenta a linha são as operárias através de ninhos, células de acesso à RAC onde as operárias desempenham as suas funções e enviam as peças para dentro da RAC.

No caso da linha 12, esta trabalha com duas operárias e dois braços robóticos coordenados dentro da RAC com três ninhos de interação com a RAC. O processo começa ainda na área do pacote, onde uma das operárias é responsável pela pré-montagem do *housing*, proveniente do *Thixomolding*, com o *Airflow*, proveniente da área de injeção. Esta operária envia, em carros, as peças pré-montadas e a operária em linha recebê-las. De seguida, a operária começa por colocar a peça pré-montada no ninho 1. Neste ninho é aplicada uma *Label* e a peça é transportada numa base móvel segundo um eixo para dentro da RAC. Depois, o braço robótico 1 transporta a peça do ninho 1 para uma de duas estações de aplicação de *Putty paste* (cola utilizada para juntar o *housing* à PCB). Após aplicada a *Putty paste*, o robot 1 é ainda responsável pelo transporte da peça desde uma das duas estações até a um dos ninhos 2 ou 3. Nestes ninhos a operária em linha trata de fazer a montagem final da peça com a placa eletrónica, proveniente do *Board prep*, com a *Fan* e a *Top Cover*, ambos provenientes de fornecedores exteriores. Após esta operação, o braço robótico 1 desloca a peça do ninho 2 ou 3 até à estação de aparafusamento. Após este processo, as deslocações passam a ser efetuadas pelo braço robótico 2, que começa por deslocar a peça até à estação de *Run-In*. Nesta estação, a peça é sujeita a alta temperatura e é corrido um teste de identificação de falhas. Para além disso, no *Run-In*, é ainda instalado o *software* do produto. De seguida, o braço robótico 2 desloca a peça da estação de *Run-In* para uma de três estações de teste, de modo a fazer um *check up* final ao produto. Caso todas as estações estejam ocupadas, a peça é deslocada para uma *FIFO Tower* usada como *buffer*. Depois, o produto é deslocado para a estação de aplicação da *Label* final pelo braço robótico 2. Por fim, após a aplicação da *Label*, o braço robótico 2 desloca o produto final num tapete rolante que o leva para fora da RAC. A operária agarra o produto final e arruma-o num carro que, quando cheio, é enviado para a zona do pacote.

É apresentado em baixo o layout da linha 12 do Final Assembly.

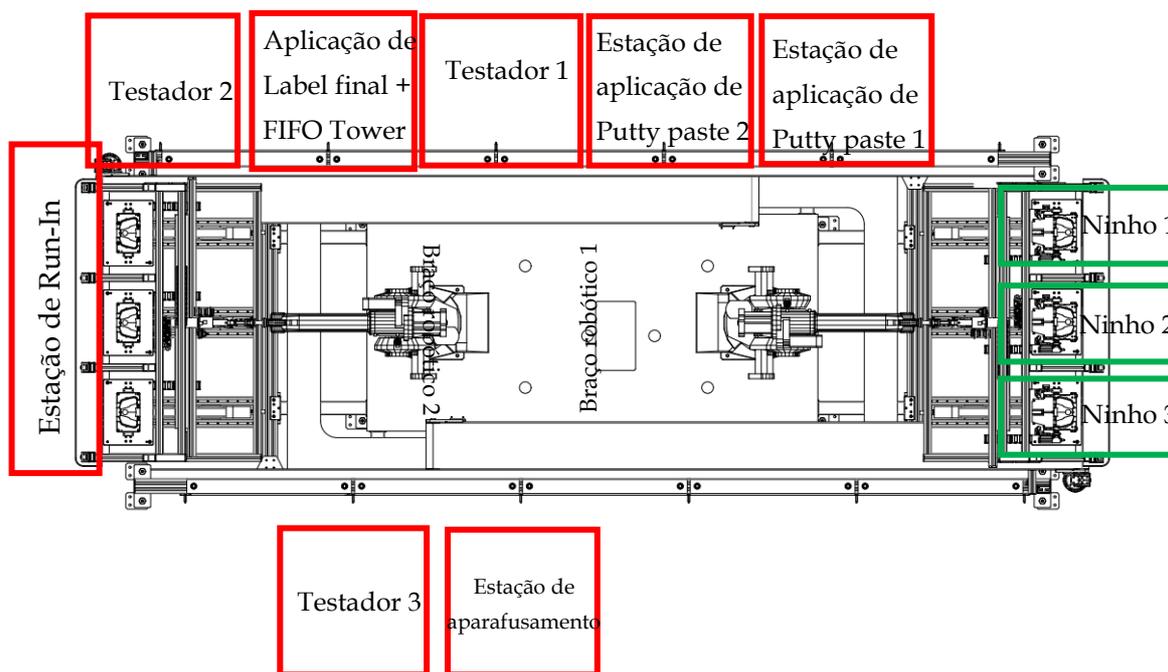


Figura 3.14 - Layout da linha 12 do *Final Assembly*

O VSM correspondente a esta linha pode ser encontrado em anexo.

Os VSMs das quatro linhas de produção foram combinados e a sua fusão resultou num VSM final que representa todo o processo produtivo associado ao MRA. Este VSM foi construído e colocado na parede do *Plan* da *Obeya Room*.



## CONSTRUÇÃO DA OBEYA ROOM: IDENTIFICAÇÃO E TRATAMENTO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIA

Neste capítulo a fase do Plan será continuada com a identificação de melhorias e o tratamento de uma oportunidade de melhoria. Após esta fase, a melhoria será ilustrada ao longo do resto das fases do ciclo PDCA.

### 4.1. Identificação das oportunidades de melhoria

Pretende-se nesta parte da dissertação relatar o processo de identificação de melhorias nas linhas de produção alocadas ao MRA.

Após a construção do VSM final que combina todas as linhas de produção associadas ao MRA em formato digital, procedeu-se à construção física desse VSM na parede do *Plan* na *Obeya Room*. A representação deste VSM na *Obeya Room* permite que toda a equipa tenha acesso a todas as informações sobre o processo produtivo associado a este produto quando se encontram dentro desta sala. Assim, voltando a utilizar todo o potencial da *Obeya Room*, procurou-se identificar melhorias a aplicar ao processo produtivo representado pelo VSM. Após várias reuniões, identificaram-se dois tipos de melhorias a serem aplicadas ao processo produtivo do MRA:

- **Desenvolvimento de um estudo SMED para a redução do *changeover time* da máquina de MPM da linha 4 de *Board Prep*.**

Esta melhoria estaria associada com as tarefas associadas à troca de *stencil* (base com a forma específica da *PCB* onde é aplicada a pasta de solda) na máquina de MPM e foi proposta uma vez que, devido a toda a ilustração de processos na *Obeya*

Room, se conseguiu facilmente identificar qual o processo com o *changeover time* mais elevado. Foi sugerida a criação de um carro de apoio ao manuseamento do *stencil* para tornar várias atividades internas em atividades externas no processo de *changeover*. Esta melhoria foi identificada no VSM com um *kaizen burst*.

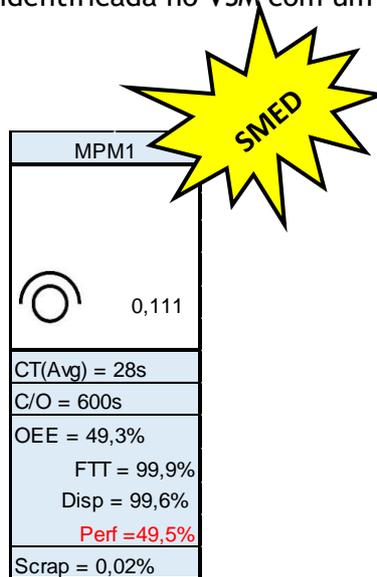


Figura 4.1 - Identificação de melhoria na máquina MPM (SMED)

- **Redução e padronização do inventário alocado às linhas de produção.**

De acordo com a lei de Little (Wilson 2015), a redução de inventário é diretamente proporcional com uma das mais importantes métricas *lean*, o *lead time*. Neste sentido, e porque existem diversos pontos de retenção de inventário no processo produtivo do MRA, decidiu-se que um estudo da redução e padronização da quantidade de inventário a ter no chão de fábrica seria chave para o sucesso do projeto. O estudo para a redução de inventário foi dividido em duas vertentes segundo a natureza do inventário na linha de produção: matéria-prima e produto acabado. Assim, a revisão dos *POUs* foi identificada como melhoria a implementar para a matéria-prima e o controlo de *Work In Progress (WIP)* como melhoria a implementar para o produto acabado.

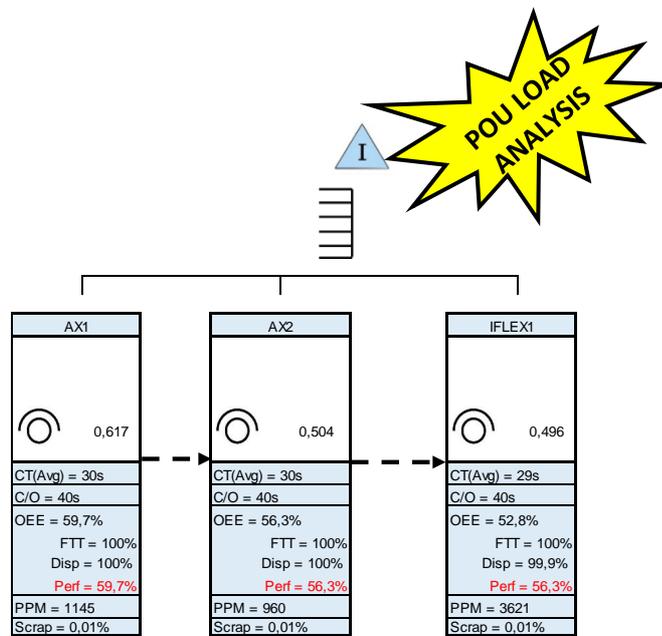


Figura 4.2 - Identificação de melhoria nos POU

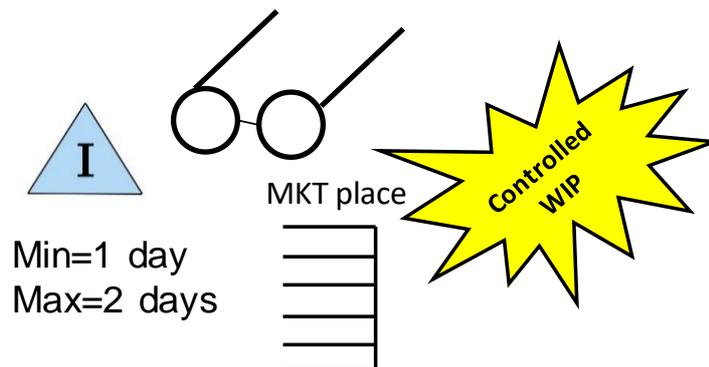


Figura 4.3 - Identificação de melhoria para WIP

Estas oportunidades de melhoria foram todas identificadas no VSM do MRA na *Obeya Room*.

De seguida, passou-se à escolha final da melhoria que seria ilustrada na *Obeya Room*. O intuito seria de desenvolver esta melhoria com recurso à *Obeya Room* e entender se esta ferramenta traz benefícios no desenrolar de projetos.

Para eleger a melhoria, teve-se em conta os *KPIs* retirados da matriz *Hoshin-Kanri*, na qual um dos principais objetivos da fábrica apontados seria o de reduzir em 10% o inventário em *POUs*. Devido a este motivo e à elevada complexidade de matéria-prima nos *POUs*, optou-se pela revisão dos *POUs* como melhoria a ser ilustrada na *Obeya Room*. Os *POUs* são zonas de armazenagem de matéria-prima para o uso direto nas linhas de produção e na fábrica estão alocados apenas a linhas de *Board Prep* para o abastecimento de *reels* e

de *PCBs*. Pretende-se então desenvolver um estudo que resulte na determinação da quantidade necessária de *reels* e placas *PCB* no chão de fábrica para a linha 4 do *Board Prep* correspondente ao *MRA*.

## 4.2. Tratamento de dados, planeamento e análise da melhoria

O estudo da redução e padronização da quantidade de inventário nos *POUs* foi dividido em duas vertentes distintas: a quantidade necessária a ter em linha de placas *PCB* e a quantidade necessária a ter em linha de *reels*.

Todos os *POUs* funcionam segundo um sistema *kanban*. Sempre que é necessário consumir placas *PCB* ou *reels*, as operadoras são responsáveis por ler um código de barras (com o seu leitor individual) correspondente a uma *slot* dum *POU*. Após esta ação e através do *Material Auto-Request System (MARS)*, sistema informático responsável pela gestão de inventário na empresa, é enviado um sinal informático diretamente ao armazém a pedir o *Part Number* associado à *slot* lida pela operária. O pedido chega ao armazém e cabe aos trabalhadores do armazém abastecerem o material pedido no *Mobile Industrial Robot (MIR)*, robot de deslocamento autónomo que transporta material desde o armazém até às linhas de produção. Cabe às operárias abastecerem os *POUs* com *reels* e placas *PCB* após a chegada do *MIR* à linha com todo o material pedido.

### 4.2.1. Revisão de *POU*: Placas *PCB*

Para a revisão das *POUs*, optou-se por começar pela análise de inventário das placas *PCB*, uma vez que o número de diferentes *Part Numbers* existentes no *POU* das placas *PCB* revela-se bastante menor que o número de diferentes *Part Numbers* existentes nos *POUs* das *reels*. Sendo assim, pretende-se determinar o número de *slots* no *POU* a alocar a cada *Part Number* consoante o seu consumo na linha de produção e comparar a solução proposta com o cenário atual. Pressupõe-se que o intervalo de reposição de inventário na linha é feito de duas em duas horas (tempo padrão a cumprir para a reposição de inventário em linha) e que a cada *slot* da *POU* corresponde a apenas um *pack* de *motherboards*.

Para começar, foram apontados os diferentes *Part Numbers* existentes no *POU*. De seguida, de modo a reconhecer e avaliar o cenário atual, foram exportados do *MARS* para o *excel* os dados associados aos vários *Part Numbers* em *POU* alocados à linha 4. Este ficheiro possui informação sobre os *Part Numbers*, a sua localização nos *POUs*, o número de *FIFO*, a quantidade transportada (*FIFO\_Qty*) e a data em que o *Part Number* foi pedido. Tendo toda

esta informação, procedeu-se à associação de cada *Part Number* à quantidade transportada, que corresponde à quantidade existente num *pack* de placas *PCB* e à quantidade de *slots* associadas a um *Part Number*.

Tabela 4.1 - Dados dos *PartNumbers* das *PCBs*

<b>PartNumber</b>	<b>FIFO_Qty</b>	<b>Nr slots ocupadas</b>
VPLXDF14A608JAB	40	17
VPLXDF14A608KAB	40	17
VPMXDF14A608AB	40	10
VPMXDF14A608BB	40	10

Depois, obteve-se os dados associados ao preço de cada placa *PCB* dos diferentes *Part Numbers*, calculando seguidamente o preço de cada *pack* para cada *Part Number* através da multiplicação entre o preço unitário de cada placa *PCB* e a quantidade de um *pack*. Os dados sobre os preços das placas *PCB* foram exportados do *QAD* para o excel.

Para o cálculo do consumo bi-horário de placas *PCB*, foi necessário saber a cadência com que as placas eram dispensadas para o início da linha de produção. Como o dispensador de placas no início da linha de produção é dependente do *cycle time* do primeiro processo (*Label placement*), o consumo bi-horário foi calculado com base num *cycle time* de 18 segundos, valor retirado diretamente do *VSM* do *MRA*. O cálculo do consumo bi-horário de placas *PCB* pode ser descrito através da seguinte fórmula:

$$\text{Consumo bi - horário} = \frac{2 \text{ horas} \times 60 \text{ minutos} \times 60 \text{ segundos}}{\text{cycle time do primeiro processo}} \quad (8)$$

Consequentemente, o consumo bi-horário em *packs* será a divisão entre o valor obtido da fórmula anterior e a quantidade de placas *PCB* existentes em cada *pack* e representará o número de *slots* necessários a ter em *POU* para cada *Part Number*. Estes cálculos foram efetuados e resultaram na construção da seguinte tabela.

Tabela 4.2 - Tratamento de dados das PCBs

PartNumber	FIFO Qty	Nr slots ocupadas	Preço/placa PCB	Preço/pack	consumo bi-horário em boards	consumo bi-horário em packs
VPLXDF14A608JAB	40	17	4,72165	188,866	400	10
VPLXDF14A608KAB	40	17	4,72165	188,866	400	10
VPMXDF14A608AB	40	10	4,72165	188,866	400	10
VPMXDF14A608BB	40	10	4,72165	188,866	400	10

Para que fossem evitadas paragens de linha de produção devido a atrasos do *MIR*, decidiu-se manter ou acrescentar mais duas *slots* alocadas a cada *PartNumber* que representassem o *stock* de segurança capaz de cobrir mais 24 minutos de produção. A tabela 4.3 ilustra o número de *slots* a atribuir a cada *PartNumber* de *PCB*.

Tabela 4.3 - Número de *slots* a atribuir a cada *PartNumber* de *PCBs*

PartNumber	FIFO Qty	Nr slots ocupadas	Preço/placa PCB	Preço/pack	consumo bi-horário em boards	consumo bi-horário em packs	Nr slots
VPLXDF14A608JAB	40	17	4,72165	188,866	400	10	12
VPLXDF14A608KAB	40	17	4,72165	188,866	400	10	12
VPMXDF14A608AB	40	10	4,72165	188,866	400	10	12
VPMXDF14A608BB	40	10	4,72165	188,866	400	10	12

De forma a comparar o cenário atual com o cenário futuro proposto, foi calculado o número de *slots* total ocupadas no cenário atual (através do somatório da terceira coluna da tabela acima) e no cenário futuro proposto (através do somatório da sétima coluna da tabela acima). O número de *slots* a serem reduzidas será a diferença entre estes dois valores. Para terminar, calculou-se a poupança estimada quando utilizada a nova proposta através da multiplicação entre o número de *slots* a serem reduzidos e o preço associado a cada *pack* de placas *PCB*. Estes cálculos estão apresentados na figura 4.4.

Capacidade máxima atual	54
(Capacidade máxima futura)	48
<hr/>	
Nr de slots a retirar	6
<b>Poupança estimada</b>	<b>€ 1 133,20</b>

Figura 4.4 - Estimativa da poupança em euros

Através do planeamento desta melhoria, estima-se que a adoção desta nova disposição do POU das placas *PCB* possa reverter numa poupança de inventário em linha de 1 133,20 euros.

#### 4.2.2. Revisão de POU: reels

A revisão de POU para as *reels* revela-se mais complexo quando comparado com a revisão de POU para as placas *PCB*. Uma descrição detalhada dos *POUs* e utilização de *reels*, bem como alguns pressupostos considerados são os seguintes.

- Existem dois *POUs* para *reels* na linha de produção de *Board Prep* para o MRA, um para o setor *top* e outro para o setor *bottom*.
- Existem cerca de 200 *Part Numbers* distintos entre estes dois *POUs*.
- De modo a que eventuais atrasos de *MIR* não interferissem com a produção, para o tratamento dos dados e cálculo do consumo de componentes, foi considerado um período de 2,5 horas entre reposição de inventário nos *POUs* (apesar do tempo estipulado ser de apenas 2 horas).
- Cada *reel* pode ser inserida em um único *feeder* (local onde a *reel* é conectada à máquina), porém pode haver vários *feeders* em várias máquinas com o mesmo *Part Number* de *reel* conectado.
- A cadência de consumo de componentes para cada *reel* de cada *Part Number* dependerá do *cycle time* associado à máquina inseridora em que a *reel* estiver inserida e da quantidade de componentes a inserir numa *motherboard* (de acordo com as especificações do produto).
- O número de *slots* necessárias nos *POUs* dependerá, não só do consumo de *reels*, mas também do número de *feeders* alocados a determinada *reel* de um *Part Number*. Este fator extra é explicado pelo facto da quantidade de componentes dentro de uma *reel* não ser sempre igual quando chega o *MIR* no início da contagem das duas horas de reposição. Se nesse momento as *reels* estiverem com capacidade máxima dentro dos *feeders*, então o número de *slots* necessárias em *POU* será igual ao consumo de *reels*. Caso as *reels* estejam a baixa capacidade, então o número de *slots* necessárias em *POU* será igual ao número de *feeders* alocados a determinado *Part Number*, já que há probabilidade de todas as *reels* acabarem num intervalo de duas horas. Sendo assim, e de modo a assegurar que não há possibilidade de paragem da linha de produção, o número de *slots* necessárias em *POU* será igual ao valor máximo entre o consumo de *reels* de determinado *Part Number* e o número de *feeders* alocados com *reels* desse mesmo *Part Number*. A figura 4.5 ilustra o *setup* das *reels* nas máquinas inseridoras.



Figura 4.5 – Setup de reels nas máquinas inseroras

De modo a proceder à seleção de *slots* a reduzir nos *POUs*, foi criado um ficheiro *excel* onde foi feita análise e revisão dos *Part Numbers* nas *POUs*. O *input* e tratamento de dados desse *excel* será ilustrado através dum exemplo com um *Part Number* presente nos *POUs* da linha 4 do *Board Prep*.

Começou-se por identificar todos os *Part Numbers* necessários à produção da placa *PCB* do *MRA*. O *input* desses dados foi feito através da exportação para *excel* da folha de “Procedimento Definição de Produto”, que possui todos os *Part Numbers* de componentes que estão presentes no produto e a quantidade de componentes de cada *Part Number* para cada placa *PCB*. Foi utilizado o maior número a inserir de um *PartNumber* de entre as quatro variantes de *PCBs* utilizadas na produção deste produto. A exemplificação será feita para o *Part Number* PTBA0046AA.

Tal como na revisão de *POU* para as placas *PCB*, atribuiu-se a cada *Part Number* a quantidade de componentes inseridos dentro de uma *reel* desse *Part Number*. Estes dados foram retirados do mesmo ficheiro do *MARS* utilizado no estudo dos *POUs* das placas *PCB* e foi criada uma nova folha de *excel* com estes dados. A tabela 4.4 exemplifica esta associação para o *Part Number* a ser revisto.

Tabela 4.4 - “FIFO\_Qty” para o PartNumber PTBA0046AA

Part Number	FIFO_Qty
PTBA0046AA	10000

De seguida, para calcular o consumo de *reels* e o número de *feeders* associado a cada *Part Number*, seria necessário conhecer o *setup* das máquinas inseroras. Para isso, foi adquirido um ficheiro de *setup* de cada uma das seis máquinas de inserção de componentes presentes na linha 4. O ficheiro foi recebido e os dados foram organizados e inseridos noutra folha do ficheiro *excel* com informação sobre o nome da máquina, o número de *feeders* em que se encontra inserido o *PartNumber* e o número de componentes inseridos por *feeder* desse *Part Number*. Na tabela 4.5 pode ser verificada a exemplificação com o *Part Number* a ser revisto.

Tabela 4.5 - Setup para o PartNumber PTBA0046AA

AX1	nr feeds	comp
PTBA0046AA	1	4

AX3	nr feeds	comp
PTBA0046AA	1	4

Como verificado na tabela, o *Part Number* PTBA0046AA entra em duas máquinas (AX1 e AX3) com o mesmo *setup* nas duas, um *feeder* por máquina a inserir 4 componentes. De modo a associar esta informação entre ambas as folhas de *excel*, foi utilizada a função *Vlookup* do *excel* para associar a cada *Part Number* o número de *feeders* e componentes. A exemplificação com o *Part Number* a ser revisto pode ser verificada nas tabelas 4.6 e 4.7, respetivamente para o setor *top* e *bottom*.

Tabela 4.6 - Setup por máquina e total no setor top para o PartNumber PTBA0046AA

		TOP						total	
		AX1		AX2		IFLEX1			
Part Number	FIFO_Qty	nr comp	nr feed						
PTBA0046AA	10000	4	1	0	0	0	0	4	1

Tabela 4.7 - Setup por máquina e total no setor bottom para o PartNumber PTBA0046AA

		BOTTOM						total	
		AX3		AX4		IFLEX2			
Part Number	FIFO_Qty	nr comp	nr feed						
PTBA0046AA	10000	4	1	0	0	0	0	4	1

Como ilustrado nas tabelas, o número de *feeders* e componentes por *Part Number* foi dividido em *top* e *bottom*, uma vez que existe um *POU* associada a cada setor pretende-se alocar o número de *slots* em *POU* no setor mais adequado.

Seguiu-se o cálculo do consumo de componentes para os vários *Part Numbers*. Para este cálculo, voltou-se a recorrer ao VSM do MRA já que o consumo de componentes está diretamente relacionado com o *cycle time* das máquinas inseroras. Assim, foi construída uma tabela com a identificação da máquina e a cadência de placas horária associada a cada máquina. Pode ser verificado a equação aplicada para o cálculo da cadência horária de cada máquina (9).

$$cadência\ horária = \frac{60\ horas \times 60\ minutos}{cycle\ time\ da\ máquina} \quad (9)$$

Após a aplicação da fórmula apresentada, foi construída a seguinte tabela.

Tabela 4.8 - Cadência horária das máquinas inseroras

Máquina	Placas/Hora
AX1	120
AX2	120
AX3	124
AX4	109
IFLEX1	105
IFLEX2	120

Para a finalização do cálculo do consumo de componentes foi feita a multiplicação entre o número de componentes a entrarem em determinada máquina e a produção de placas *PCB* por hora para 2,5 horas. Em baixo podem ser verificadas as fórmulas utilizadas para o cálculo do consumo de componentes para o *top* e para o *bottom*.

$$\begin{aligned} &Consumo\ de\ componentes(top) \quad (10) \\ &= 2,5 \times (nr\ componentes\ AX1 \times cadência\ AX1 \\ &+ nr\ componentes\ AX2 \times cadência\ AX2 \\ &+ nr\ componentes\ Iflex1 \times cadência\ Iflex1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \text{Consumo de componentes(bottom)} & (11) \\
& = 2,5 \times (\text{nr componentes AX3} \times \text{cadência AX3}) \\
& + \text{nr componentes AX4} \times \text{cadência AX4} \\
& + \text{nr componentes Iflex2} \times \text{cadência Iflex2)
\end{aligned}$$

A aplicação destas duas fórmulas levou ao acréscimo da coluna do consumo de componentes no excel e pode ser verificado na tabela 4.9.

Tabela 4.9 - Consumo de componentes para o PartNumber PTBA0046AA

		Consumo de componentes.	
Part Number	FIFO_Qty	TOP	BOTTOM
PTBA0046AA	10000	1200	1240

Todos estes cálculos foram feitos de modo a chegar ao fator que realmente tem impacto no número de *slots* a alocar no *POU* de cada *Part Number*, o consumo de *reels*. A obtenção deste valor resulta da divisão do consumo de componentes de um *Part Number*, pela capacidade das *reels* desse *Part Number*. Esse cálculo foi feito para o setor *top* e *bottom* e ainda foi calculado o número total de *reels* consumidas como ilustrado na tabela 4.10.

Tabela 4.10 - Consumo de reels para o PartNumber PTBA0046AA

		Consumo de reels.		
Part Number	FIFO_Qty	TOP	BOTTOM	total
PTBA0046AA	10000	0,12	0,124	0,244

De seguida, prosseguiu-se à associação entre *Part Numbers* e número de *slots* atuais nos *POUs*. De modo a fazer a correspondência entre *Part Numbers* e número de *slots* nos *POUs*, utilizou-se mais uma vez a função *Vlookup* do excel, ocorrendo um *input* de dados da folha do excel com as informações dos *POUs* proveniente do *MARS*. A tabela 4.11 possui os dados sobre a disposição de *slots* entre *top* e *bottom* para o *Part Number* PTBA0046AA.

Tabela 4.11 - Número de *slots* atribuídas para o *PartNumber* PTBA0046AA

nr slots POU atual			
Part Number	TOP	BOTTOM	total
PTBA0046AA	3	0	3

Como ilustrado na tabela, para o *Part Number* exemplificado, existem, neste momento, 3 *slots* na *POU* do setor *top* e 0 *slots* na *POU* do setor *bottom*.

Para a determinação do número de *reels* necessária em linha dentro do período de duas horas, utilizou-se a função *roundup* do *excel* alocada à célula do consumo de *reels* e pode ser verificado na tabela 4.12.

Tabela 4.12 - Utilização de *reels* em linha para o *PartNumber* PTBA0046AA

			Consumo de reels.			Utilização de reels em linha.		
Part Number	FIFO Qty		TOP	BOTTOM	total	TOP	BOTTOM	total
PTBA0046AA	10000		0,12	0,124	0,244	1	1	2

A tabela acima demonstra que o *Part Number* exemplificado necessita de 0,12 *reels* no *top* e 0,124 *reels* no *bottom*. Assim, e para que não haja possibilidade de paragem de produção, o número decimal de consumo de *reels* é sempre arredondado para cima quer no *top* quer no *bottom* para se obter a utilização de *reels* em linha (segundo o consumo).

Como o consumo de *reels* não é o único fator que influencia a necessidade de inventário de *reels* em linha, para se obter o número de *slots* a propor nas *POUs*, é necessário ter em conta o número de *feeders* associados a cada *Part Number*. Consequentemente, para a determinação do número de *slots* a propor é necessário encontrar o valor máximo entre o número de *feeders* e a utilização de *reels* em linha.

Tabela 4.13 - Número de *slots* propostas para o *PartNumber* PTBA0046AA

		TOP		BOTTOM		Utilização de reels em linha.			Nr slots proposto		
Part Number	FIFO Qty	nr comp	nr feed	nr comp	nr feed	TOP	BOTTOM	total	TOP	BOTTOM	total
PTBA0046AA	10000	4	1	4	1	1	1	2	1	1	2

Como ilustrado na tabela 4.13, verifica-se que o número de *feeders* e a utilização de *reels* em linha estão em concordância, resultando numa *slot* proposta para cada *POU* de *top* e *bottom*.

Finalmente, o número de *slots* a retirar resulta da diferença entre o número de *slots* atual e o número de *slots* proposto. Para finalizar foi ainda associado ao componente do *Part Number* o seu preço através da função *Vlookup* do *excel*, onde os dados são extraídos doutra folha do *excel* com o custo de componentes, extraída diretamente do *QAD*. Determinou-se o preço de uma *reel* de cada *Part Number*, multiplicando a sua capacidade pelo preço dos componentes inseridos na *reel*, e determinou-se a poupança estimada da redução de *slots*. A tabela 4.14 representa o tratamento de dados descrito.

Tabela 4.14 -Slots a retirar e poupança estimada para o *PartNumber* PTBA0046AA

		Nr de slots a retirar			Preço/comp	Preço/reel	Poupança estimada		
Part Number	FIFO_Qty	TOP	BOTTOM	total			TOP	BOTTOM	total
PTBA0046AA	10000	2	-1	1	0,01793	179,3	358,6	-179,3	179,3

Para o *Part Number* PTBA0046AA, propõe-se que se retirem duas *slots* no *POU* do setor *top* e que se adicione uma *slot* na *POU* do setor *bottom*. Em capital, como uma *reel* representa 179,3 euros, retiram-se do *POU* do setor *top* 358,6 euros (dobro do valor por serem duas *reels*) e adicionam-se 179,3 euros no *POU* do setor *bottom*, resultando num total de 179,3 euros a menos na linha de produção num período de duas horas.

Todo este procedimento foi reproduzido para todos os *PartNumbers* presentes na linha e, após todos os cálculos, os *PartNumbers* a sofrerem alterações na sua disposição em *POU* foram registados.

Tabela 4.15 - Poupança estimada total com a redução de slots

		Nr de slots a retirar.			Poupança estimada.		
Part Number	FIFO_Qty	TOP	BOTTOM	total	TOP	BOTTOM	total
PTBA0046AA	10000	2	-1	1	358,6	-179,3	179,3
KCB00602AA	150	8	-7	1	492,348	-430,805	61,5435
PR21218BFG1000	3000	0	1	1	0	224,43	224,43
P710151BFSN000	3000	3	-1	2	407,25	-135,75	271,5
P115015BFEMAAC	5000	0	1	1	0	3,65	3,65
P126743BFDNCAC	10000	0	1	1	0	7	7

**Poupança estimada € 747,42**

Tendo toda a equipa a concordar com a seleção dos *Part Numbers* a retirar dos *POUs*, deu-se por encerrada a fase do *Plan*, que se revelou a fase mais demorada devido à complexidade do projeto e à necessidade de estudar todo o processo de modo a atuar assertivamente sem colocar em risco a cadência diária de produção.

### 4.3. Implementação da melhoria

A implementação da melhoria está já associada à fase do *Do* do ciclo PDCA e toda a informação associada a esta fase será ilustrada na respetiva parede da *Obeya Room*.

Para que a alteração de *slots* fosse visível a todos, foi criado um ficheiro *excel* com o *PartNumber* e as *slots* associadas antes da implementação da melhoria. Consoante os resultados provenientes do tratamento de dados e planeamento de melhoria, a ação a ser implementada seria de manter, reatribuir ou fechar a *slot*. A tabela 4.16 apresenta toda esta informação sobre o *POU* das *PCBs*.

Tabela 4.16 - Implementação da melhoria no POU das PCBs

Part Numbers	Disposição atual das POU's	Ação	Slots Propostas
VPLXDF14A608JAB	A01	Manter	A01
	A02	Manter	A02
	A03	Manter	A03
	A04	Manter	A04
	A05	Manter	A05
	A06	Manter	A06
	A07	Manter	A07
	A08	Manter	A08
	A09	Manter	A09
	A10	Manter	A10
	A11	Manter	A11
	A12	Manter	A12
	A13	Fechar	-
	A14	Fechar	-
	A15	Fechar	-
	A16	Fechar	-
	A17	Fechar	-
VPLXDF14A608KAB	B01	Manter	B01
	B02	Manter	B02
	B03	Manter	B03
	B04	Manter	B04
	B05	Manter	B05
	B06	Manter	B06
	B07	Manter	B07
	B08	Manter	B08
	B09	Manter	B09
	B10	Manter	B10
	B11	Manter	B11
	B12	Manter	B12
	B13	Fechar	-
	B14	Fechar	-
	B15	Fechar	-
	B16	Fechar	-
	B17	Fechar	-
VPMXDF14A608AB	C01	Manter	C01
	C02	Manter	C02
	C03	Manter	C03
	C04	Manter	C04
	C05	Manter	C05
	C11	Manter	C11
	C12	Manter	C12
	C13	Fechar	-
	C14	Fechar	-
	C15	Fechar	-
		Abrir	C06
		Abrir	C07
		Abrir	C08
		Abrir	C09
		Abrir	C10
VPMXDF14A608BB	C06	Reatribuir	-
	C07	Reatribuir	-
	C08	Reatribuir	-
	C09	Reatribuir	-
	C10	Reatribuir	-
	D01	Manter	D01
	D02	Manter	D02
	D03	Manter	D03
	D04	Manter	D04
	D05	Manter	D05
	-	Abrir	D06
	-	Abrir	D07
	-	Abrir	D08
	-	Abrir	D09
	-	Abrir	D10
	-	Abrir	D11
	-	Abrir	D12

Para a implementação da melhoria nos *POUs* das *reels*, a nova atribuição das *slots* não seria tão simples. Devido às diferentes dimensões de componentes e de *reels*, existem diferentes dimensões de *slots* em *POU*. Sendo que é necessário abrir algumas *slots*, a dimensão das *reels* determinará a *slot* que será aberta.

Após discussão com a pessoa responsável pela atribuição de *slots* no *Board Prep*, foi construída uma tabela com a disposição atual dos *POUs*, a ação a implementar e as *slots* propostas.

Tabela 4.17 - implementação da melhoria nos *POUs* de componentes

Part Numbers	Disposição atual das POU's	Ação	Slots Propostas
PTBA0046AA	A12	Manter	A12 D63
	B69	Fechar	
	B70	Fechar	
	-	Abrir	
P710151BFSN000	A38	Manter	A38 D64
	B44	Fechar	
	B45	Fechar	
	B46	Fechar	
-	Abrir		
P115015BFEMAAC	A43	Manter	A43
	C68	Fechar	
P126743BFDNCAC	C02	Manter	C02
	C03	Fechar	
KCB00602AA	A03 - 01	Manter	A03 - 01
	A03 - 02	Manter	A03 - 02
	A03 - 03	Manter	A03 - 03
	A03 - 04	Manter	A03 - 04
	A03 - 05	Manter	A03 - 05
	A03 - 06	Manter	A03 - 06
	A03 - 07	Manter	A03 - 07
	A03 - 08	Fechar	
PR21218BFG1000	D71	Manter	D71
	D72	Fechar	

De notar que para o *PartNumber* KCB00602AA tinha sido proposto a redução de uma *slot* e a sua realocação para o *POU* de *Bottom*, porém este *PartNumber* não é utilizado em *reel* mas sim em tabuleiros. Este *PartNumber* é o único com esta particularidade nesta linha e tem um *POU* exclusivo denominado de “*POU* de *Drop in* “. Assim, decidiu-se manter as *slots* já alocadas ao mesmo e reduzir uma.

## 4.4. Registo dos resultados

Nesta fase pretende-se analisar o resultado da implementação da revisão dos *POUs* da linha de produção de *Board Prep* do MRA. Pretendendo já à fase do *Check*, a informação associada a esta fase será ilustrada na respetiva parede da *Obeya Room*.

De forma a entender se a melhoria implementada teria os resultados esperados, foi criado um ficheiro *excel* com informação sobre o *Part Number*, as *slots* alocadas ao mesmo antes da implementação da melhoria, as *slots* alocadas ao mesmo depois da implementação da melhoria e o registo de falta de *PCB* ou *reel* do *Part Number* durante a semana de 05/09/2022 - 09/09/2022. Este *excel* seria alterado apenas se ocorresse alguma falta de *PCB* ou *reel* dos *Part Numbers* retirados. As tabelas 4.18 e 4.19 representam, respetivamente, a tabela de registo de falta de *PCBs* no *POU* das placas e a tabela de registo de falta de *reels* nos *POUs* das *reels*.

Tabela 4.18 - Registo de falta de *PCBs* no *POU* das placas

Redução de slots para <i>PCBs</i>	Disposição atual dos <i>POUs</i>	Disposição a testar dos <i>POUs</i>	Registo de falta de <i>PCB</i> (05/09/2022 - 09/09/2022)
VPLXDF14A608JAB	A01 - A17	A01 - A12	0
VPLXDF14A608KAB	B01 - B17	B01 - B12	0
VPMXDF14A608AB	C01 - C05; C11 - C15	C01 - C12	0
VPMXDF14A608BB	C06 - C10; D01 - D05	D01-D12	0

Tabela 4.19 - Registo de falta de *reels* no *POU* das *reels*

Redução de slots para <i>reels</i>	Disposição atual dos <i>POUs</i>		Disposição a testar dos <i>POUs</i>		Registo de falta de <i>reel</i> (05/09/2022 - 09/09/2022)
	top	bottom	top	bottom	
PTBA0046AA	A12;B69;B70	-	A12	D63	0
P710151BFSN000	A38;B44;B45;B46	-	A38	D64	0
P115015BFEMAAC	A43	C68	A43	-	0
P126743BFDNCAC	-	C02;C03	C02	-	0
KCB00602AA	A03-01 - A03-08	-	A03-01 - A03-07	-	0
PR21218BFG1000	D71;D72	-	-	D71	0

De modo a evitar a paragem da linha de produção, caso algo estivesse errado no tratamento de dados e planeamento da melhoria, as *PCBs* e as *reels* retiradas das *slots* indicadas foram mantidas dentro da linha de produção, porém fora dos *POUs* de modo a que o sistema *kanban* fluísse como se as placas e *reels* desses *PartNumbers* não estivessem disponíveis.

Durante este período de teste de uma semana, a equipa reuniu-se todos os dias para acompanhar o processo de validação da melhoria implementada. As reuniões ocorreram na *Obeya Room* onde este *excel* era acompanhado por toda a equipa.

## 4.5. Análise e comparação entre o cenário planeado e o cenário real.

Após o período de teste, foram revelados os resultados e foram ilustrados nas tabelas 4.20 e 4.21, respetivamente, tabela de registo de resultados para as *PCBs* e tabela de registo de resultados para as *reels*.

Tabela 4.20 - Resultados registados para a falta de *PCBs* no *POU* das placas

Redução de slots para PCBs	Disposição atual dos POU's	Disposição a testar dos POU's	Registo de falta de PCB (05/09/2022 - 09/09/2022)
VPLXDF14A608JAB	A01 - A17	A01 - A12	0
VPLXDF14A608KAB	B01 - B17	B01 - B12	0
VPMXDF14A608AB	C01 - C05; C11 - C15	C01 - C12	0
VPMXDF14A608BB	C06 - C10; D01 - D05	D01-D12	0

Tabela 4.21 - Resultados registados para a falta de reels no POU das reels

Redução de slots para reels	Disposição atual dos POU's		Disposição a testar dos POU's		Registo de falta de reel (05/09/2022 - 09/09/2022)
	top	bottom	top	bottom	
PTBA0046AA	A12;B69;B70	-	A12	D63	0
P710151BFSN000	A38;B44;B45;B46	-	A38	D64	0
P115015BFEMAAC	A43	C68	A43	-	0
P126743BFDNCAC	-	C02;C03	C02	-	0
KCB00602AA	A03-01 - A03-08	-	A03-01 - A03-07	-	0
PR21218BFG1000	D71;D72	-	-	D71	0

Como verificado pelos resultados, o cenário posterior à implementação da melhoria provou não conter qualquer erro na elaboração, uma vez que não foram registadas ocorrências de falta de *PCBs* ou *reels* durante este período. Assim, as *PCBs* e *reels* não necessárias na linha 4, foram recolocadas no armazém.

## 4.6. Padronização e documentação da melhoria

A padronização e documentação da melhoria pertence à fase do *Act* no ciclo PDCA, logo esta informação deverá ser ilustrada na respetiva parede na *Obeya Room*.

Depois de comprovado que as implementações na linha resultaram exatamente como planeado, foi necessário encontrar um padrão para a quantidade de *PCBs* e *reels* a ter nos *POUs* das linhas de produção.

A quantidade padronizada de *packs* de *PCBs* a ter em linha deve ser calculado para 2 horas de inventário segundo o *cycle time* do primeiro processo da linha de produção mais dois *packs* de *stock* de segurança.

A quantidade padronizada de *reels* a ter em linha deve ser o máximo entre o número de *reels* a serem consumidas de um *PartNumber* e o número de *feeders* associados a esse *PartNumber*, num intervalo de 2,5 horas.

Após a padronização da melhoria, foi preenchido um documento *kaizen* no *template* da empresa e partilhado na rede. O documento está representado na figura 4.6.

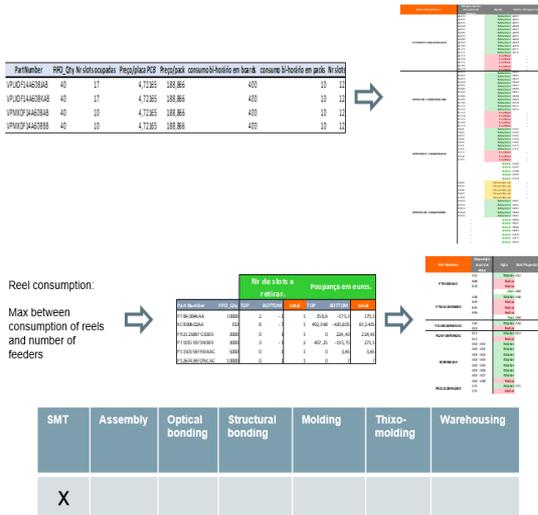
**Project name:** POU load review for Line 4

**Plant:** Palmela

**Leader:** Patricia Carvalho

**Team:** P. Carvalho; T. Ribeiro; J. Sardinha; A. Cardoso

**Implementation Date:** 09/09/2022



**1 - Project Description:**

The scope of the project was to determine the quantity of PCBs and reels for each PartNumber to have on the production line inbetween repositions of stock by the MIRs to reduce inventory.

**1.1 - What was implemented:**

The maximum consumption of reels and PCBs was determined and several slots were closed on POU's.

**1.2 - What were the implementation steps:**

- 1- Calculate the maximum consumption of reels and PCBs inbetween repositions of stock;
- 2- Take non needed PCBs and reels out of the line;
- 3- Check the implementation results;
- 4- Standardize the maximum consumption of reels and PCBs needed inbetween repositions of stock by the MIRs.

**1.3 - What resources were used:**

Information about POU status, machine setups and price of PartNumbers.

**1.4 - What was the implementation cost:**

0€

**2 - Savings:**

1880,62€

**2.1 - Business Case Description:**

Payback period = 0

**2.2 - Enterproj PIC#:**

180479

**3 - How was shared among all Visteon Plants:**

The excel file created for the planning of the project was shared with all SMT process engineers.

Figura 4.6 - Kaizen da implementação da melhoria

## CONCLUSÕES

Neste último capítulo da dissertação pretende-se aferir os resultados obtidos no fim do estudo de caso e concluir se os objetivos estabelecidos no início da dissertação foram ou não cumpridos. São ainda sugeridos alguns estudos futuros a serem tratados neste âmbito.

### 5.1. Análise final dos resultados

O estudo de caso elaborado na empresa Visteon Corp. partiu de uma avaliação feita à empresa por parte de uma organização exterior que auditou e avaliou o desempenho da empresa na vertente *lean*. Vários pontos foram levantados no final da auditoria e para que a empresa progredisse no sentido de se tornar numa empresa que seguisse a filosofia do *lean*, foi sugerida a criação de um projeto associado ao produto com melhor desempenho na fábrica no qual se aplicasse as boas práticas *lean*. Para tal, foi sugerida a criação de uma *Obeya Room* seguindo o ciclo *PDCA* com toda a informação acerca do projeto com o intuito de ilustrar toda a informação relevante acerca do projeto. O estudo de caso teve como objetivo aferir a eficácia da construção de uma *Obeya Room* para a identificação e tratamento de oportunidades de melhoria no chão de fábrica.

Na construção da *Obeya Room*, as quatro fases do ciclo *PDCA* foram atribuídas às quatro paredes da sala. Na parede do *Plan*, depois de alinhados os objetivos e definidos os *KPIs*, construiu-se um *VSM* global da fábrica de modo a identificar o produto com melhor desempenho e onde iria incidir o estudo. Depois de selecionado o produto, prosseguiu-se à construção do *VSM* do estado corrente para as quatro linhas de produção associadas a esse produto. Foram identificados vários desperdícios nos processos destas linhas de produção que foram identificados com *Kaizen Bursts* no *VSM* do produto. Decidiu-se que a melhoria a ser estudada incidiria sobre a revisão de inventário nos *POUs* da linha 4 de *Board Prep* e foi elaborado um ficheiro *excel* com o tratamento de dados associado ao consumo máximo de

*PCBs* e *reels* nesta linha. Na parede do *Do* foram registadas as alterações propostas na disposição das *POUs* de *PCBs* e de componentes em *reels* e na parede do *Check* foram registadas ocorrências de falta de inventário nos *POUs* durante uma semana. O ficheiro *excel* criado foi validado, uma vez que não ocorreu qualquer falta de inventário na linha durante essa semana. Na parede do *Act*, a implementação da melhoria foi padronizada, documentada e partilhada de modo a que possa ser aplicada em outras linhas de *Board Prep* dentro da empresa.

Analisando o resultado final da *Obeya Room*, pôde-se concluir que esta sala desempenhou um papel chave ao desenvolvimento deste projeto. A construção de um VSM global da fábrica e de um VSM associado a um produto permitiu não só a fácil identificação de desperdício para o produto em causa, como para todos os produtos da fábrica, já que qualquer outro engenheiro que entrasse nesta sala conseguia visualizar o desempenho da sua linha de produção e identificar desperdícios idênticos aos identificados para o produto em causa. A *Obeya Room* foi também uma ferramenta que permitiu que tudo fosse documentado e que toda a informação fosse exposta para que todos tivessem acesso direto à mesma. As reuniões decorridas nesta sala permitiram que a equipa de melhoria contínua e os engenheiros de processo associados às linhas em causa debatessem sobre os problemas e alinhassem os principais objetivos, de modo a trabalharem na mesma direção. Os engenheiros de processo e a equipa de melhoria contínua admitiram que a simples presença da *Obeya Room* tornou o projeto mais dinâmico e fácil de trabalhar, consequentemente tornando-o numa prioridade. Para um nível mais alto de chefia, a diretora de operações da fábrica admitiu que nesta sala era possível acompanhar o progresso do projeto e visualizar todos os objetivos a cumprir para o seu nível.

Após a implementação da melhoria nos *POUs* da linha de *Board Prep* do MRA a produção não foi afetada, o que demonstra que o planeamento desta melhoria foi assertivo e eficaz. Verificou-se uma poupança de inventário no valor de 1133,20 euros no *POU* de *PCBs* e de 747,42 euros nos *POUs* de *reels*, resultando numa poupança total de inventário de 1880,62 euros para esta linha de produção. Apesar desta poupança apenas representar uma redução de inventário de cerca de 0,5% do inventário total em *POUs* nesta linha, o objetivo de redução de inventário em 10% nos *POUs* no chão de fábrica delineado na matriz Hoshin Kanri pode ser alcançado se esta melhoria for implementada a todas as linhas de *Board Prep* da fábrica.

Analisando estes resultados é possível confirmar que a construção *Obeya Room* revelou ser uma excelente abordagem para a identificação de tratamento de oportunidades de melhoria, tal como já verificado nos artigos revistos anteriormente.

O documento revisto de Alaassar (2017) apresenta o estudo de caso mais semelhante com o estudo tratado nesta dissertação. O recurso ao ciclo PDCA como metodologia utilizada para a construção da *Obeya Room* demonstrou, tal como nesse documento, ser um método que promove a identificação e tratamento de oportunidades de melhoria.

Numa abordagem mais digital no artigo de Nascimento et al. (2018), o apelo à ilustração de processos numa *Obeya Room* digital combinada com o ciclo PDCA demonstrou resultados semelhantes aos resultados obtidos no estudo de caso apresentado nesta dissertação.

Sugere-se à empresa que sejam repetidas tantas iterações do ciclo PDCA na *Obeya Room* como oportunidades de melhoria encontradas e que isso seja estendido a todas as outras linhas de produção no chão de fábrica.

## 5.2. Proposta de estudos futuros

Com o avanço das tecnologias de hoje em dia, faz sentido que toda a ilustração de uma *Obeya Room* seja feita numa sala através de grandes ecrãs digitais em cada uma das paredes, em vez do recurso a impressões de papel. Desta forma o processo de construção da *Obeya Room* seria bastante mais rápido e sustentável, para além de ser possível ilustrar várias iterações do ciclo PDCA sem destruir iterações prévias na *Obeya Room*. Sugere-se então um estudo de caso onde seja construída uma *Obeya Room* num espaço físico, mas onde a informação disponível é ilustrada em formato digital. Seria interessante compreender se este investimento traria benefícios e se a própria *Obeya Room* seria construída de forma mais eficiente.

Após um período pandémico que obrigou muitas empresas a manter os seus empregados em casa a trabalhar remotamente, esta prática tem vindo a ser cada vez mais utilizada pelas empresas. Assim, seria interessante estudar a concessão de uma *Obeya Room* com toda a informação fundamental à realização de um projeto totalmente digital, onde fosse possível efetuar reuniões remotamente.



## BIBLIOGRAFIA

Aasland, Knut, e Detlef Blankenburg. 2012. «An Analysis of the Uses and Properties of the Obeya». Em *2012 18th International ICE Conference on Engineering, Technology and Innovation*, 1-10. Munich, Germany: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICE.2012.6297660>.

Al Smadi, Sami. 2009. «Kaizen Strategy and the Drive for Competitiveness: Challenges and Opportunities». *Competitiveness Review: An International Business Journal* 19 (3): 203-11. <https://doi.org/10.1108/10595420910962070>.

Alaassar, Ahmad. 2017. «Use of Obeya Visual Room in Entrepreneurial Decision-Making». University of Agder.

Ali, Rehab M., e Ahmed M. Deif. 2014. "Dynamic Lean Assessment for Takt Time Implementation". *Procedia CIRP* 17: 577-81. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.128>.

Almeanazel, Osama Taisir R. 2010. «Total Productive Maintenance Review and Overall Equipment Effectiveness Measurement». *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 4 (4): 6.

Barnett, Jeff. 2014. «A Problem-Solving Technique from Japan Is Helping Rotorcraft Systems Improve – and Increase – Production». [http://www.bsas.hk/news/frontiers/archive/2009/september/i\\_ids05.pdf](http://www.bsas.hk/news/frontiers/archive/2009/september/i_ids05.pdf), (consultado em 23/06/2022).

Canonico, Paolo, Stefano Consiglio, Ernesto De Nito, Vincenza Esposito, e Mario Pezzillo Iacono. 2018. «Dealing with Knowledge in a Product Development Setting: An Empirical Analysis in the Automotive Industry». *Knowledge Management Research & Practice* 16 (1): 126-33. <https://doi.org/10.1080/14778238.2018.1428068>.

Correia, Damásio, F.J.G. Silva, R.M. Gouveia, Teresa Pereira, e Luís Pinto Ferreira. 2018. «Improving Manual Assembly Lines Devoted to Complex Electronic Devices by Applying Lean Tools». *Procedia Manufacturing* 17: 663-71. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.115>.

Costa, Luana Bonome Message, Moacir Godinho Filho, Lawrence D. Fredendall, e Fernando José Gómez Paredes. 2018. «Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma in the Food Industry: A Systematic Literature Review». *Trends in Food Science & Technology* 82: 122-33. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.002>.

Doolen, Toni L., e Marla E. Hacker. 2005. «A Review of Lean Assessment in Organizations: An Exploratory Study of Lean Practices by Electronics Manufacturers». *Journal of Manufacturing Systems* 24 (1): 55-67. [https://doi.org/10.1016/S0278-6125\(05\)80007-X](https://doi.org/10.1016/S0278-6125(05)80007-X).

Esfandyari, Alireza, Stefan Härter, Tallal Javied, e Jörg Franke. 2015. «A Lean Based Overview on Sustainability of Printed Circuit Board Production Assembly». *Procedia CIRP* 26: 305-10. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.059>.

Garcia-Buendia, Noelia, José Moyano-Fuentes, e Juan Manuel Maqueira-Marín. 2021. «Lean Supply Chain Management and Performance Relationships: What Has Been Done and What Is Left to Do». *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 32 (janeiro): 405–23. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2021.01.016>.

George, Michael. 2003. *Lean Six Sigma for Service : How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Services and Transactions*. 1st edition. New York: McGraw Hill.

Jiang, Lina, Xiaofeng Sun, Cuicui Ji, Stefane Mostefa Kabene, e Mohammed Yousuf Abo Keir. 2021. «PDCA Cycle Theory Based Avoidance of Nursing Staff Intravenous Drug Bacterial Infection Using Degree Quantitative Evaluation Model». *Results in Physics* 26 (julho): 104377. <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2021.104377>.

Klimecka-Tatar, Dorota. 2017. «Value Stream Mapping as Lean Production Tool to Improve the Production Process Organization – Case Study in Packaging Manufacturing». *Production Engineering Archives* 17 (17): 40–44. <https://doi.org/10.30657/pea.2017.17.09>.

Knop, Krzysztof, e Krzysztof Mielczarek. 2015. «THE IMPROVEMENT ON THE BASIS OF PDCA AND SDCA CYCLES». *Quality Production Improvement* 03 (dezembro): 60–71. <https://doi.org/10.30657/qpi.2015.03.06>.

Krijnen, Ad. 2007. «The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer». *Action Learning: Research and Practice* 4 (1): 109–11. <https://doi.org/10.1080/14767330701234002>.

Kuhlang, P., T. Edtmayr, e W. Sihn. 2011. «Methodical Approach to Increase Productivity and Reduce Lead Time in Assembly and Production-Logistic Processes». *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 4 (1): 24–32. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2011.02.001>.

McManus, Hugh L. 2005. «Product Development Value Stream Mapping (PDVSM) Manual». MIT. [https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/81908/PDVSM\\_V.1\\_2005.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/81908/PDVSM_V.1_2005.pdf?sequence=1&isAllowed=y), (consultado em 17/08/2022).

Moen, Ronald, e Clifford Norman. 2009. «Evolution of the PDCA Cycle». Em . Tokyo.

Nascimento, Daniel, Rodrigo Caiado, Guilherme Tortorella, Paulo Ivson, e Marcelo Meiriño. 2018. «Digital Obeya Room: Exploring the Synergies between BIM and Lean for Visual Construction Management». *Innovative Infrastructure Solutions* 3 (1): 19. <https://doi.org/10.1007/s41062-017-0125-0>.

Nash, Mark A., e Sheila R. Poling. 2008. *Mapping the Total Value Stream: A Comprehensive Guide for Production and Transactional Processes*. Boca Raton, Fla.: CRC Press.

Nguyen, Vi, Nam Nguyen, Bastian Schumacher, e Thanh Tran. 2020. «Practical Application of Plan-Do-Check-Act Cycle for Quality Improvement of Sustainable Packaging: A Case Study». *Applied Sciences* 10 (18): 6332. <https://doi.org/10.3390/app10186332>.

Ōno, Taiichi, Norman Bodek, e Taiichi Ōno. 2008. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Reprinted. New York, NY: Productivity Press.

Pepper, M.P.J., e T.A. Spedding. 2010. «The Evolution of Lean Six Sigma». Editado por Ben Clegg. *International Journal of Quality & Reliability Management* 27 (2): 138–55. <https://doi.org/10.1108/02656711011014276>.

Rahani, A.R., e Muhammad al-Ashraf. 2012. «Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study». *Procedia Engineering* 41: 1727–34. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.375>.

Rahmanasari, D, W Sutopo, e J M Rohani. 2021. «Implementation of Lean Manufacturing Process to Reduce Waste: A Case Study». *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1096 (1): 012006. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1096/1/012006>.

Realyvásquez-Vargas, Arturo, Karina Arredondo-Soto, Teresa Carrillo-Gutiérrez, e Gustavo Ravelo. 2018. «Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) Cycle to Reduce the Defects in the Manufacturing Industry. A Case Study». *Applied Sciences* 8 (11): 2181. <https://doi.org/10.3390/app8112181>.

Santos, Zélio Geraldo dos, Leandro Vieira, e Giles Balbinotti. 2015. «Lean Manufacturing and Ergonomic Working Conditions in the Automotive Industry». *Procedia Manufacturing* 3: 5947-54. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.687>.

Shahbazi, Sasha, e Siavash Javadi. 2013. «Supporting Production System Development through Obeya Concept». School of Innovation, Design and Engineering. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:602393/FULLTEXT02.pdf>.

Shingo, Shigeo. 1985. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Traduzido por Andrew P. Dillon. 1st edition. Stamford, Conn: Productivity Press.

Singh, Jagdeep, e Harwinder Singh. 2009. «Kaizen Philosophy: A Review of Literature». 8, 2009, 2 edição.

Smith A, Thangarajoo Y. 2015. «Lean Thinking: An Overview». *Industrial Engineering and Management* 04 (02). <https://doi.org/10.4172/2169-0316.1000159>.

Tennant, Charles, e Paul Roberts. 2001. «Hoshin Kanri: Implementing the Catchball Process». *Long Range Planning* 34 (3): 287-308. [https://doi.org/10.1016/S0024-6301\(01\)00039-5](https://doi.org/10.1016/S0024-6301(01)00039-5).

Villarreal, Bernardo. 2012. «The Transportation Value Stream Map (TVSM)». *European J. of Industrial Engineering* 6 (2): 216. <https://doi.org/10.1504/EJIE.2012.045606>.

Wilson, Lonnie. 2015. *How To Implement Lean Manufacturing, Second Edition*. 2nd edition. New York, N.Y: McGraw Hill.

Womack, James P., e Daniel T. Jones. 2003. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Revised and Updated*. 2nd edition. New York: Free Press.



| A

**ANEXOS**

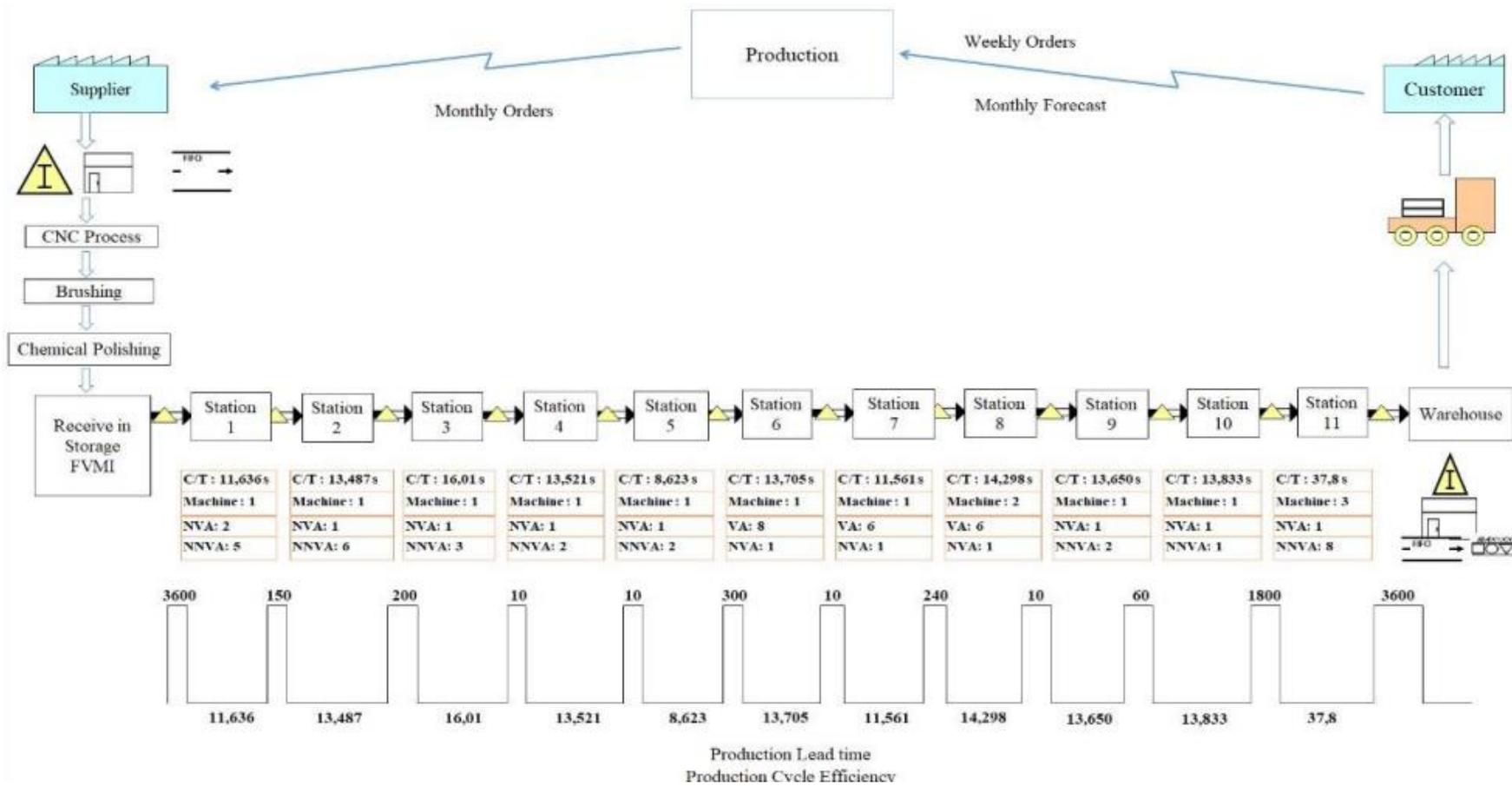


Figura A.1 - VSM do estado corrente (fonte: Rahmasari, Sutopo e Rohani (2021))

Tabela A.1 - OEE de cada linha de produção para o Board Prep e o Final Assembly

	Produto	prod.	prod. ideal	OEE
<b>Board Prep</b>	RCD	31/h	50/h	<b>62%</b>
	E3.5	86/h	113/h	<b>76%</b>
	CsTD	93/h	102/h	<b>91%</b>
	BX/CX	125/h	203/h	<b>62%</b>
	MRA	131/h	144/h	<b>91%</b>
	MFA IC	210/h	235/h	<b>89%</b>
	MFA C5	136/h	161/h	<b>85%</b>
	G17	124/h	191/h	<b>65%</b>
	FPK8	79/h	93/h	<b>85%</b>
	Condor	153/h	180/h	<b>85%</b>
	MLA	86/h	92/h	<b>93%</b>
	SDM4	223/h	245/h	<b>91%</b>

	Produto	prod.	prod. ideal	OEE
<b>Final Assembly</b>	RCD	8/h	10/h	<b>80%</b>
	E3.5	46/h	72/h	<b>64%</b>
	CsTD	7/h	12/h	<b>58%</b>
	BX/CX	45/h	73/h	<b>62%</b>
	MRA	98/h	144/h	<b>68%</b>
	MFA IC	134/h	295/h	<b>45%</b>
	MFA C5	42/h	53/h	<b>79%</b>
	G17	20/h	34/h	<b>59%</b>
	FPK8	90/h	118/h	<b>76%</b>
	Condor	27/h	37/h	<b>73%</b>
	MLA	26/h	40/h	<b>65%</b>
	SDM4	51/h	74/h	<b>69%</b>

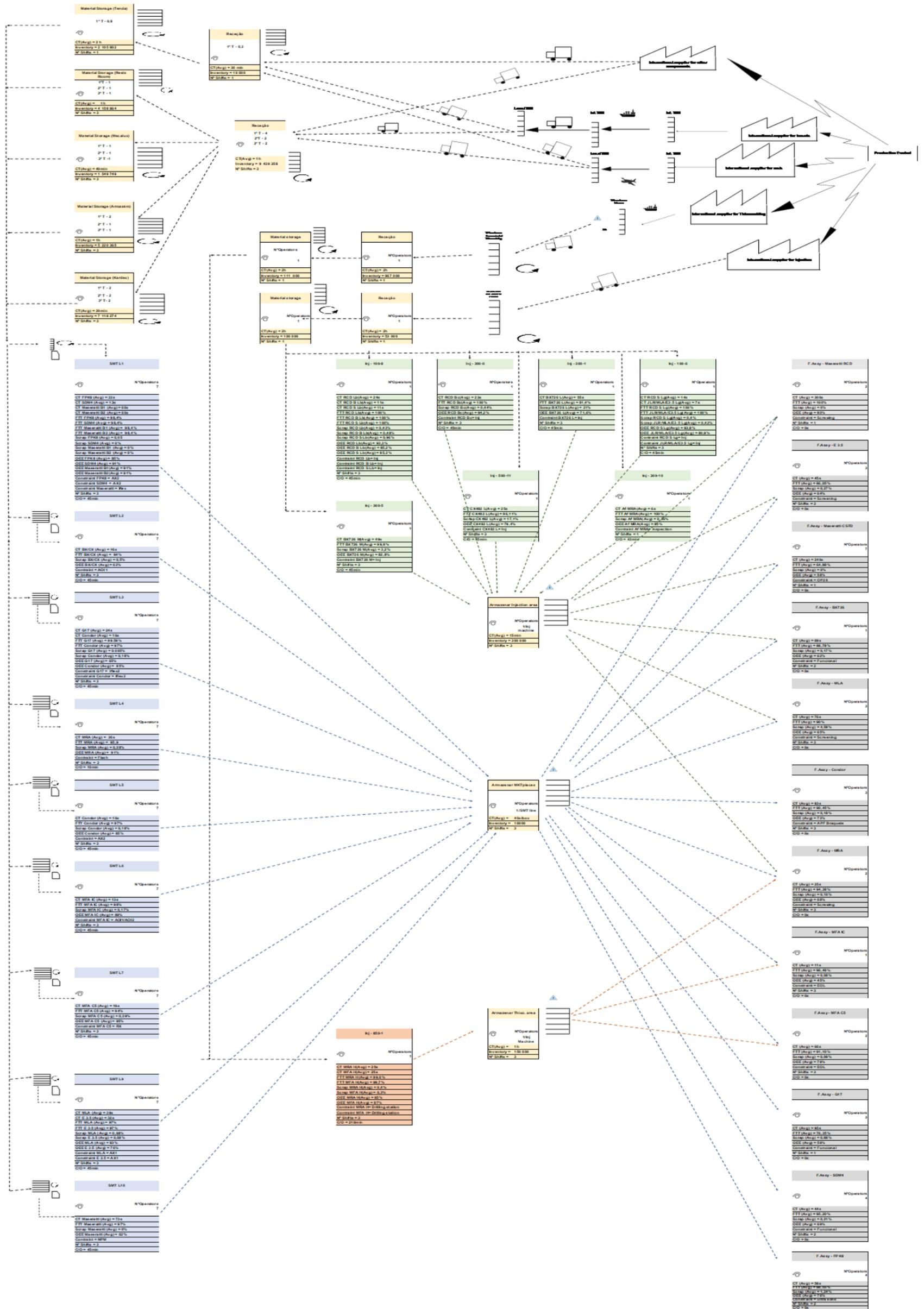


Figura A.2 - VSM global da fábrica

Label Placement			MPM1			SPI			AX1			AX2			Iflex01			Fomo 1		
obs	CT obs	C/D obs	obs	CT obs	C/D obs	obs	CT obs	C/D obs	obs	CT obs	C/D obs	obs	CT obs	C/D obs	obs	CT obs	C/D obs	obs	CT obs	C/D obs
1	15	161	1	28	588	1	28	16	1	29	48	1	48	41	1	29	48	1	30	38
2	15	162	2	28	602	2	28	14	2	28	48	2	38	48	2	28	48	2	32	38
3	15	160	3	27	600	3	31	14	3	30	48	3	33	38	3	30	39	3	34	38
4	16		4	27		4	28		4	30		4	29		4	28		4	34	
5	17		5	30		5	27		5	30		5	28		5	32		5	36	
6	15		6	31		6	28		6	30		6	29		6	29		6	32	
7	15		7	28		7	28		7	33		7	28		7	26		7	31	
8	16		8	28		8	28		8	27		8	30		8	25		8	37	
9	17		9	38		9	30		9	28		9	29		9	27		9	38	
10	22		10	38		10	28		10	28		10	29		10	28		10	36	
11	18		11	27		11	28		11	28		11	28		11	28		11	38	
12	20		12	26		12	28		12	30		12	28		12	28		12	33	
13	21		13	30		13	30		13	30		13	28		13	28		13	34	
14	16		14	31		14	28		14	29		14	29		14	29		14	35	
15	17		15	28		15	26		15	29		15	34		15	29		15	35	
16	18		16	28		16	28		16	36		16	28		16	29		16	29	
17	18		17	28		17	28		17	29		17	38		17	28		17	35	
18	19		18	29		18	28		18	29		18	28		18	29		18	38	
19	18		19	26		19	28		19	29		19	28		19	28		19	33	
20	18		20	29		20	29		20	29		20	33		20	28		20	29	
21	16		21	28		21	28		21	29		21	33		21	28		21	32	
22	17		22	28		22	28		22	29		22	33		22	29		22	38	
23	17		23	28		23	30		23	28		23	38		23	28		23	36	
24	20		24	30		24	29		24	34		24	32		24	28		24	28	
25	23		25	28		25	28		25	28		25	38		25	36		25	29	
26	21		26	28		26	28		26	29		26	38		26	29		26	29	
27	20		27	29		27	28		27	28		27	32		27	22		27	38	
28	19		28	28		28	29		28	32		28	29		28	35		28	32	
29	19		29	27		29	28		29	29		29	38		29	24		29	32	
30	23		30	30		30	28		30	30		30	38		30	33		30	31	
Avg	18,03333	161	Avg	28,43333	600	Avg	28,3	14,66667	Avg	29,56667	40	Avg	30,26667	40	Avg	28,6	39,66667	Avg	32,56667	33
min	15		min	26		min	26		min	27		min	28		min	22		min	28	
max	23		max	31		max	31		max	36		max	40		max	36		max	38	

AOI1			MPM2			SPI 2			AX3			AX4			Iflex2			Fomo 2		
obs	CT obs	C/D obs	obs	CT obs	C/D obs	obs	CT obs	C/D obs	obs	CT obs	C/D obs	obs	CT obs	C/D obs	obs	CT obs	C/D obs	obs	CT obs	C/D obs
1	31	127	1	32	600	1	28	28	1	28	48	1	34	48	1	29	48	1	29	38
2	33	128	2	32	600	2	28	18	2	28	48	2	34	38	2	29	48	2	28	38
3	34	118	3	31	600	3	29	27	3	27	38	3	35	48	3	29	48	3	33	34
4	34		4	30		4	28		4	26		4	36		4	34		4	38	
5	36		5	30		5	29		5	27		5	37		5	27		5	32	
6	34		6	37		6	30		6	25		6	33		6	30		6	31	
7	31		7	29		7	28		7	27		7	32		7	27		7	28	
8	37		8	30		8	31		8	39		8	31		8	26		8	32	
9	38		9	38		9	28		9	35		9	34		9	27		9	28	
10	36		10	38		10	28		10	38		10	32		10	27		10	28	
11	38		11	31		11	28		11	29		11	32		11	27		11	31	
12	33		12	32		12	29		12	34		12	35		12	28		12	31	
13	35		13	31		13	29		13	39		13	34		13	29		13	31	
14	35		14	31		14	27		14	24		14	35		14	26		14	29	
15	35		15	31		15	30		15	33		15	36		15	39		15	28	
16	32		16	31		16	30		16	37		16	37		16	29		16	32	
17	35		17	29		17	29		17	38		17	38		17	28		17	31	
18	38		18	31		18	31		18	26		18	33		18	34		18	29	
19	33		19	29		19	28		19	30		19	37		19	30		19	29	
20	29		20	33		20	28		20	39		20	36		20	33		20	27	
21	32		21	31		21	28		21	33		21	35		21	31		21	31	
22	38		22	31		22	29		22	29		22	35		22	30		22	29	
23	36		23	32		23	27		23	39		23	34		23	38		23	27	
24	28		24	31		24	28		24	26		24	34		24	32		24	31	
25	33		25	38		25	26		25	39		25	37		25	38		25	27	
26	29		26	38		26	25		26	32		26	36		26	32		26	28	
27	38		27	29		27	29		27	32		27	34		27	29		27	31	
28	32		28	38		28	27		28	39		28	34		28	29		28	27	
29	32		29	27		29	26		29	36		29	34		29	29		29	31	
30	38		30	38		30	24		30	38		30	34		30	32		30	35	
Avg	32,76667	120	Avg	30,7	600	Avg	28,16667	20	Avg	32,7	5,452933	Avg	34,33333	1,787569	Avg	29,73333	2,790789	Avg	29,8	33,33333
min	28		min	27		min	24		min	24		min	30		min	26		min	27	
max	38		max	37		max	31		max	39		max	37		max	39		max	35	

AOI 2			RX			MDA			Flash			Singulation			Packing		
obs	CT obs	C/D obs	obs	CT obs	C/D obs	obs	CT obs	C/D obs	obs	CT obs	C/D obs	obs	CT obs	C/D obs	obs	CT obs	C/D obs
1	32	128	1	81	0	1	31	458	1	104	0	1	38	0	1	60	0
2	32	128	2	82	0	2	33	458	2	102	0	2	36	0	2	61	0
3	38	128	3	82	0	3	33	453	3	107	0	3	38	0	3	61	0
4	27		4	82		4	34		4	103		4	39		4	61	
5	26		5	80		5	35		5	102		5	38		5	60	
6	39		6	80		6	33		6	104		6	39		6	59	
7	33		7	79		7	32		7	105		7	46		7	59	
8	28		8	80		8	34		8	106		8	37		8	59	
9	32		9	81		9	39		9	105		9	38		9	58	
10	31		10	82		10	34		10	101		10	34		10	60	
11	31		11	83		11	35		11	104		11	39		11	60	
12	33		12	81		12	37		12	104		12	39		12	58	
13	38		13	81		13	37		13	104		13	39		13	59	
14	31		14	81		14	32		14	105		14	37		14	59	
15	35		15	82		15	32		15	103		15	38		15	60	
16	34		16	81		16	31		16	101		16	35		16	60	
17	31		17	82		17	33		17	102		17	44		17	60	
18	38		18	83		18	33		18	104		18	37		18	61	
19	31		19	81		19	34		19	105		19	34		19	60	
20	38		20	88		20	32		20	105		20	39		20	61	
21	27		21	88		21	31		21	104		21	36		21	62	
22	26		22	81		22	31		22	106		22	35		22	60	
23	39		23	81		23	31		23	104		23	35		23	60	
24	27		24	81		24	33		24	104		24	39		24	60	
25	28																

ThixoMolding																										
Injection			Cooling Station			Trimming			Drilling			Vibrating			forno			Inspection			Packing					
obs	CT obs	C/O obs	obs	CT obs	C/O obs	obs	CT obs	C/O obs	obs	CT obs	C/O obs	obs	CT obs	C/O obs	obs	CT obs	C/O obs	obs	CT obs	C/O obs	obs	CT obs	C/O obs	obs	CT obs	C/O obs
1	57	12600	1	50	0	1	33	3600	1	18	0	1	81	0	1	18	0	1	170	0	1	18	0			
2	57	12600	2	50	0	2	19	3600	2	18	0	2	44	0	2	15	0	2	170	0	2	19	0			
3	57	12600	3	50	0	3	32	3600	3	19	0	3	2	0	3	24	0	3	168	0	3	19	0			
4	56		4	50	0	4	18		4	25		4	39		4	15		4	167		4	18				
5	59		5	51		5	32		5	19		5	47		5	14		5	170		5	17				
6	55		6	50		6	19		6	20		6	29		6	11		6	171		6	18				
7	58		7	50		7	33		7	19		7	115		7	2		7	172		7	18				
8	57		8	53		8	19		8	17		8	4		8	8		8	170		8	19				
9	57		9	49		9	32		9	19		9	32		9	25		9	170		9	17				
10	57		10	50		10	18		10	15		10	10		10	16		10	170		10	17				
11	57		11	50		11	33		11	19		11	47		11	15		11	171		11	17				
12	57		12	53		12	19		12	17		12	88		12	55		12	172		12	17				
13	55		13	51		13	31		13	19		13	58		13	24		13	167		13	18				
14	55		14	50		14	18		14	15		14	14		14	45		14	171		14	18				
15	58		15	50		15	33		15	19		15	23		15	8		15	171		15	18				
16	57		16	51		16	20		16	16		16	30		16	3		16	170		16	18				
17	60		17	50		17	34		17	26		17	26		17	34		17	170		17	19				
18	59		18	50		18	18		18	26		18	39		18	75		18	170		18	20				
19	58		19	52		19	33		19	19		19	101		19	17		19	169		19	17				
20	59		20	50		20	19		20	24		20	8		20	24		20	169		20	17				
21	59		21	50		21	33		21	19		21	50		21	16		21	170		21	18				
22	59		22	51		22	19		22	25		22	2		22	19		22	170		22	20				
23	54		23	49		23	32		23	19		23	33		23	19		23	170		23	19				
24	58		24	52		24	19		24	26		24	16		24	25		24	171		24	17				
25	57		25	49		25	33		25	19		25	190		25	23		25	170		25	18				
26	55		26	50		26	18		26	25		26	17		26	12		26	172		26	18				
27	54		27	51		27	34		27	19		27	3		27	24		27	170		27	18				
28	55		28	50		28	19		28	24		28	38		28	15		28	169		28	18				
29	59		29	50		29	32		29	19		29	5		29	47		29	170		29	18				
30	65		30	18		30	18		30	26		30	17		30	4		30	170		30	18				
Avg	57,333	12600	Avg	50,4	0	Avg	25,6667	3600	Avg	20,1	0	Avg	40,2667	0	Avg	21,7333	0	Avg	170	0	Avg	18,0333	0			
min	54		min	45		min	18		min	15		min	2		min	2		min	167		min	17				
max	65		max	51		max	34		max	26		max	190		max	75		max	172		max	20				

Plásticos								
Injection			Robot			Inspection+packing		
obs	CT obs	C/O obs	obs	CT obs	C/O obs	obs	CT obs	C/O obs
1	32	2580	1	16	0	1	48	0
2	32	2580	2	15	0	2	48	0
3	33	2580	3	15	0	3	48	0
4	30		4	16		4	49	
5	32		5	14		5	48	
6	31		6	16		6	47	
7	33		7	16		7	47	
8	32		8	16		8	48	
9	33		9	17		9	50	
10	30		10	16		10	48	
11	33		11	16		11	48	
12	33		12	15		12	49	
13	32		13	14		13	47	
14	33		14	18		14	47	
15	33		15	16		15	48	
16	32		16	18		16	47	
17	33		17	16		17	47	
18	30		18	16		18	47	
19	30		19	16		19	48	
20	33		20	14		20	48	
21	32		21	15		21	47	
22	33		22	15		22	47	
23	33		23	15		23	48	
24	32		24	16		24	49	
25	32		25	17		25	48	
26	31		26	16		26	48	
27	33		27	19		27	47	
28	32		28	17		28	47	
29	32		29	17		29	47	
30	33		30	15		30	48	
Avg	32,1	2580	Avg	15,93333333	0	Avg	47,7667	0
min	30		min	14		min	47	
max	33		max	19		max	50	

Figura A.4 - Registo do cycle time e changeover time para a linha de injeção de magnésio e plásticos do MRA

Final Assembly																										
Pre-Assembly			Label Placement01			Putty			Asse mblly			Scre wing			Run-in			Testador			Label Placement02					
obs	CT obs	C/O obs	obs	CT obs	C/O obs	obs	CT obs	C/O obs	obs	CT obs	C/O obs	obs	CT obs	C/O obs	obs	CT obs	C/O obs	obs	CT obs	C/O obs	obs	CT obs	C/O obs	obs	CT obs	C/O obs
1	14	0	1	6	0	1	20	0	1	14	0	1	25	0	1	28	0	1	71	0	1	19	0			
2	11	0	2	6	0	2	23	0	2	14	0	2	25	0	2	24	0	2	69	0	2	19	0			
3	11	0	3	6	0	3	23	0	3	18	0	3	24	0	3	25	0	3	65	0	3	19	0			
4	14		4	6		4	26		4	17		4	25		4	20		4	75		4	18				
5	15		5	5		5	21		5	16		5	25		5	24		5	72		5	18				
6	13		6	5		6	20		6	22		6	26		6	24		6	62		6	18				
7	14		7	4		7	19		7	23		7	27		7	25		7	77		7	18				
8	18		8	4		8	21		8	22		8	26		8	28		8	63		8	17				
9	13		9	4		9	21		9	21		9	25		9	30		9	69		9	18				
10	13		10	6		10	24		10	18		10	26		10	25		10	86		10	18				
11	12		11	6		11	21		11	17		11	25		11	24		11	72		11	19				
12	11		12	5		12	21		12	18		12	26		12	25		12	86		12	18				
13	12		13	6		13	21		13	18		13	25		13	24		13	62		13	18				
14	11		14	6		14	21		14	18		14	24		14	24		14	75		14	18				
15	16		15	6		15	22		15	19		15	24		15	23		15	76		15	18				
16	13		16	6		16	22		16	20		16	26		16	21		16	70		16	17				
17	18		17	7		17	23		17	18		17	27		17	23		17	62		17	18				
18	14		18	6		18	24		18	18		18	28		18	23		18	86		18	20				
19	14		19	6		19	21		19	19		19	25		19	22		19	74		19	21				
20	13		20	6		20	20		20	22		20	30		20	24		20	68		20	18				
21	17		21	6		21	21		21	17		21	25		21	25		21	63		21	17				
22	12		22	6		22	21		22	18		22	24		22	24		22	60		22	18				
23	11		23	6		23	22		23	18		23	24		23	24		23	72		23	18				
24	11		24	6		24	23		24	19		24	25		24	23		24	70		24	18				
25	17		25	7		25	24		25	19		25	25		25	24		25	70		25	18				
26	18		26	6		26	21		26	17		26	23		26	23		26	71		26	19				
27	13		27	6		27	23		27	17		27	25		27	24		27	69		27	18				
28	13		28	6		28	23		28	18		28	25		28	24		28	80		28	18				
29	14		29	6		29	21		29	18		29	23		29	25		29	62		29	18				
30	15		30	6		30	21		30	18		30	24		30	24		30	60		30	19				
Avg	13																									

Tabela A.2 - Tratamento de dados para a obtenção da OEE para a linha de Board Prep do MRA

Board Prep																			
Processo	LP	MPM	SPI	AX1	AX2	IFLX1	FORNO 1	AOI	MPM	SPI	AX3	AX4	IFLX2	FORNO 2	AOI	RX	MDA	FLA	SING
Cycle Time	18	28	28	30	30	29	33	33	31	28	33	34	30	30	31	81	33	104	38
Máquina	MPM18	SPI03				IFL28	AOI27	MPM41	SPI20	AX516			HEL3	AOI28			FLA15	ROB11	
Tempo de paragens não programadas (min)	0	50	123	0	0	8	0	228	79	49	23	0	0	2	520	0	0	440	251
Disponibilidade	1,000	0,996	0,990	1,000	1,000	0,999	1,000	0,981	0,993	0,996	0,998	1,000	1,000	1,000	0,957	1,000	1,000	0,963	0,979
Prod. Real	21662	21662	21662	21583	21583	21590	21066	21223	21223	21223	21066	21066	21072	21066	21962	22712	22218	21582	21168
Prod. Ideal	43966	43784	52857	36137	38345	40928	46462	60861	43678	58184	38272	49186	55811	49981	46102	31720	74281	24759	41085
Performance	0,493	0,495	0,410	0,597	0,563	0,528	0,453	0,349	0,486	0,365	0,550	0,428	0,378	0,421	0,476	0,716	0,299	0,872	0,515
Qualidade (FTT)	1	1	0,996	1	1	1	0,99	0,989	0,99	0,988	1	1	1	0,99	0,977	0,738	0,982	0,999	1
OEE	49%	49%	40%	60%	56%	53%	45%	34%	48%	36%	55%	43%	38%	42%	45%	53%	29%	84%	50%

Tabela A.3 - Tratamento de dados para a obtenção da OEE para a linha de injeção de plásticos do MRA

Plásticos	
Injection	
Total horas de func	30,060
Total horas de paragem	0,633
Disponibilidade	97,9%
prod ideal	26734,94006
Prod real	24192
Performance	90,5%
Qualidade	100,0%
OEE	88,6%

Tabela A.4 - Tratamento de dados para a obtenção da OEE para a linha de injeção de magnésio do MRA

ThixoMolding	
Injection	
Disponibilidade	97,9%
Performance	87,6%
Qualidade	99,6%
OEE	85%

Tabela A.5 - Tratamento de dados para a obtenção da OEE para a linha de Final Assembly do MRA

Final Assembly								
	Label Placement01	Puty	Screwing	Run-In	Test 1	Test 2	Test 3	Label Placement02
Cycle time	6	22	25	25	70	70	70	18
tempo de paragens não programadas (h)	0	0,9	0	0,35	0	0	0	1,733333333
Disponibilidade	100,00%	99,58%	100,00%	99,84%	100,00%	100,00%	100,00%	99,19%
Prod real	15741	6691	6554	6606	5136	5136	5136	15341
Prod ideal	128238	13266	11674,08	11674,08	10991,8	10991,8	10991,8	42746
Performance	12,27%	50,44%	56,14%	56,59%	46,73%	46,73%	46,73%	35,89%
FTT	99,0%	98,9%	99,2%	95,0%	99,6%	98,6%	99,6%	99,9%
OEE	12,15%	49,67%	55,69%	53,67%	46,54%	46,07%	46,54%	35,56%

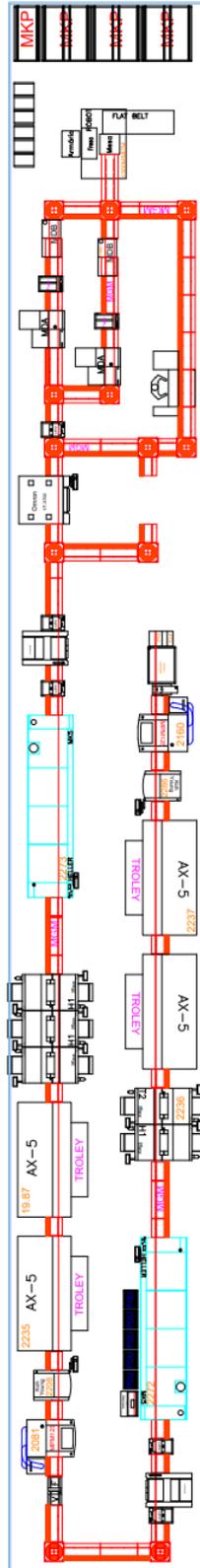


Figura A.6 - Layout linha 4 BP

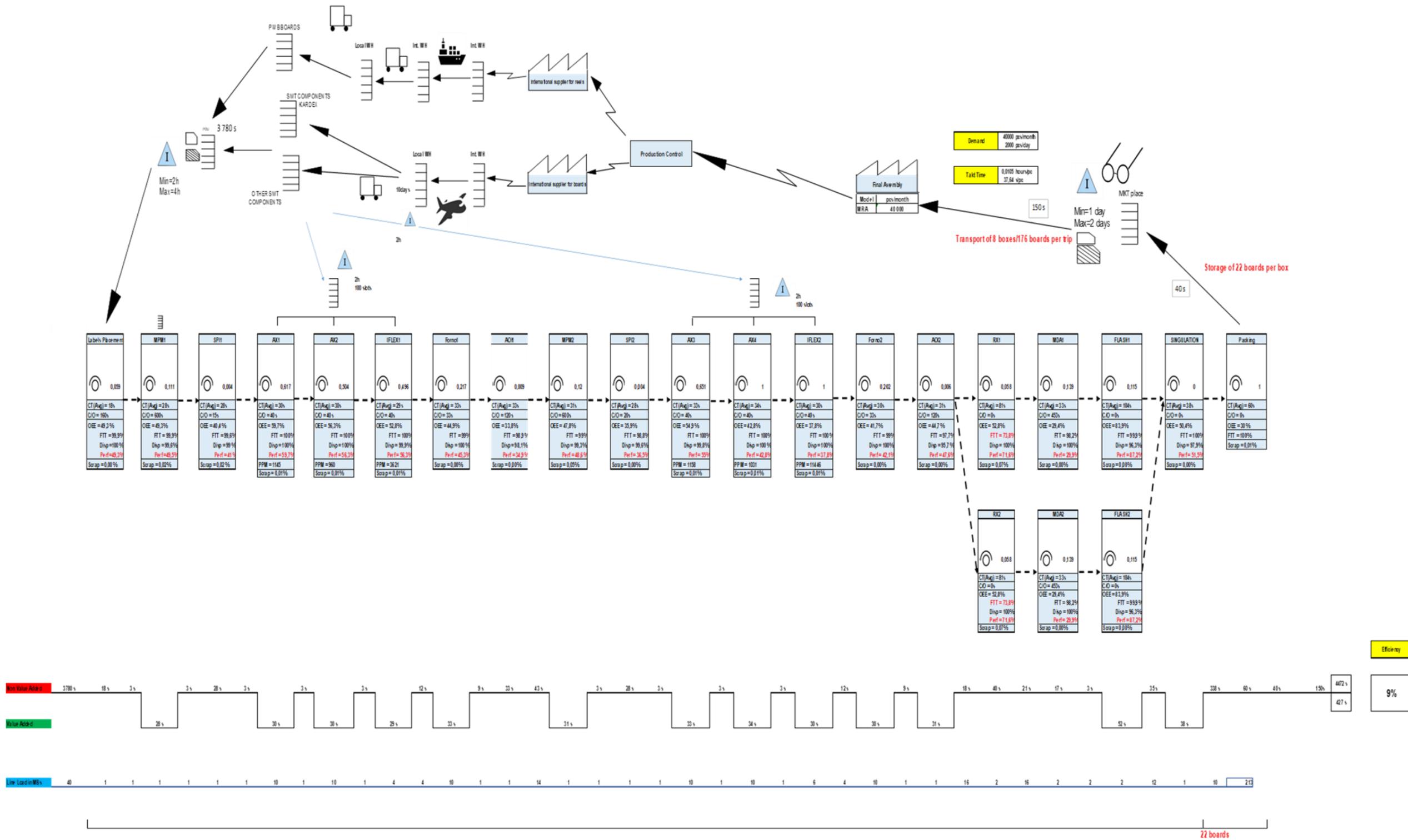


Figura A.7 - VSM da linha de Board Prep do MRA

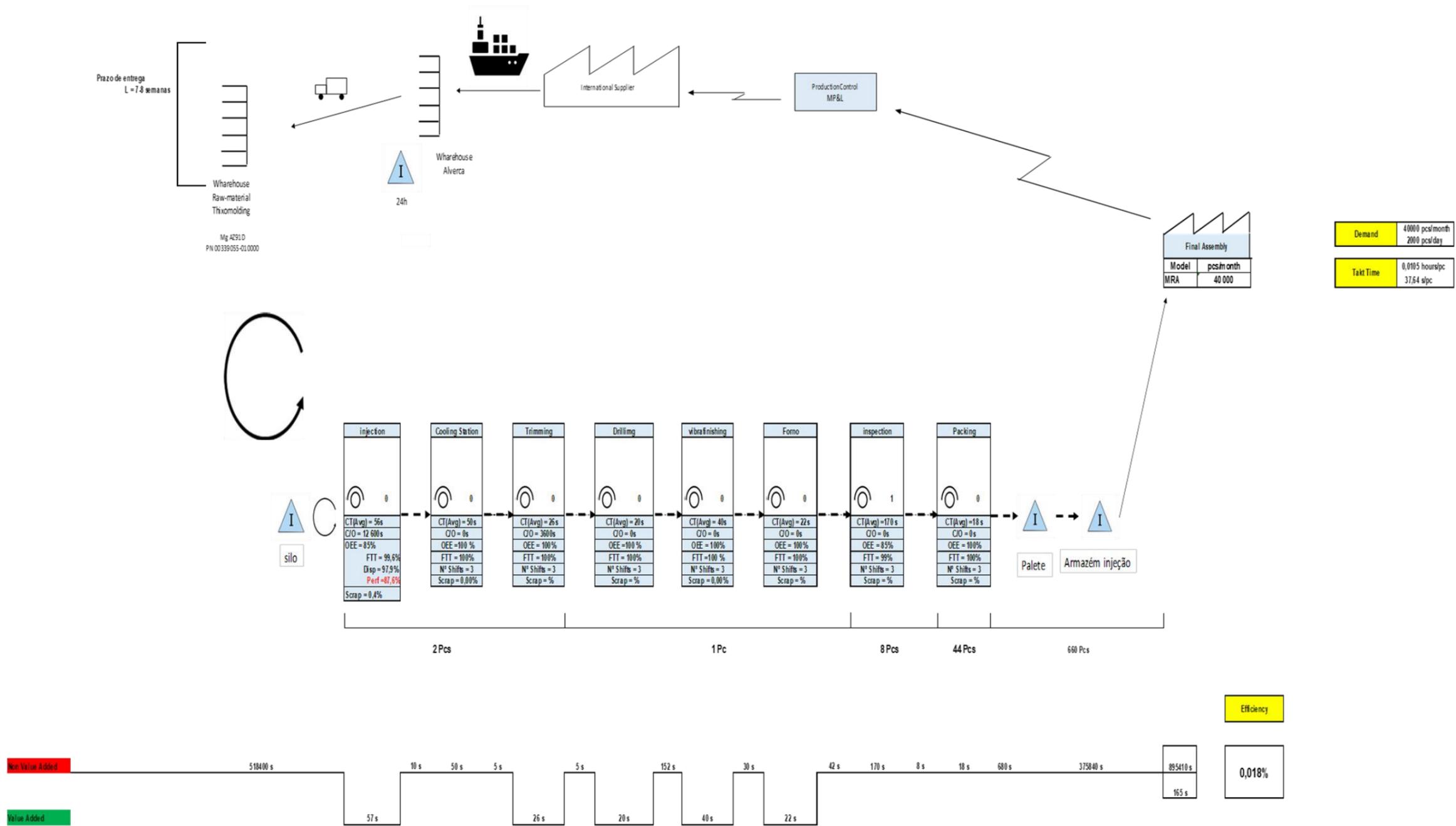


Figura A.8 - VSM da linha de injeção de magnésio do MRA

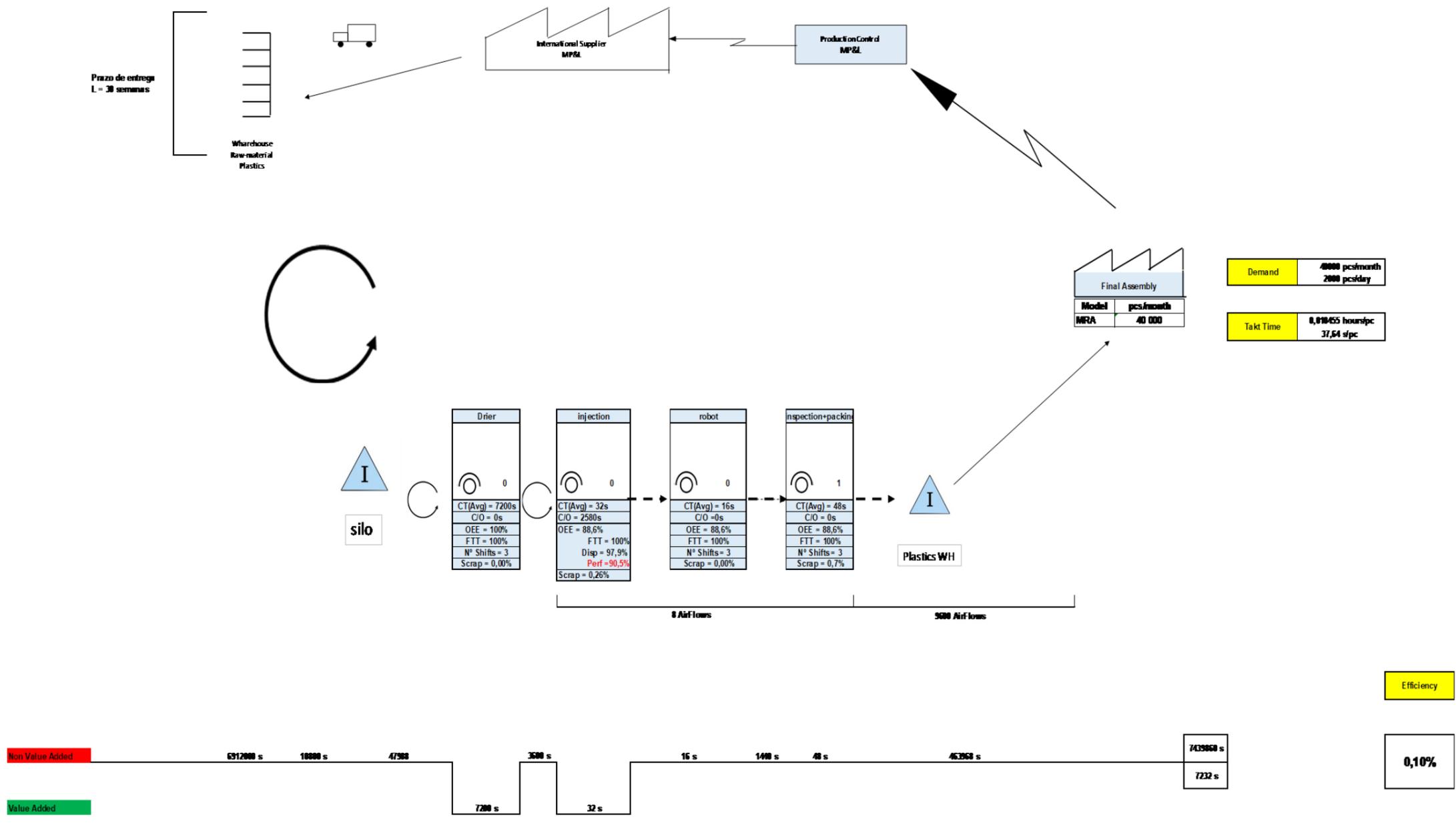


Figura A.9 - VSM da linha de plástico do MRA

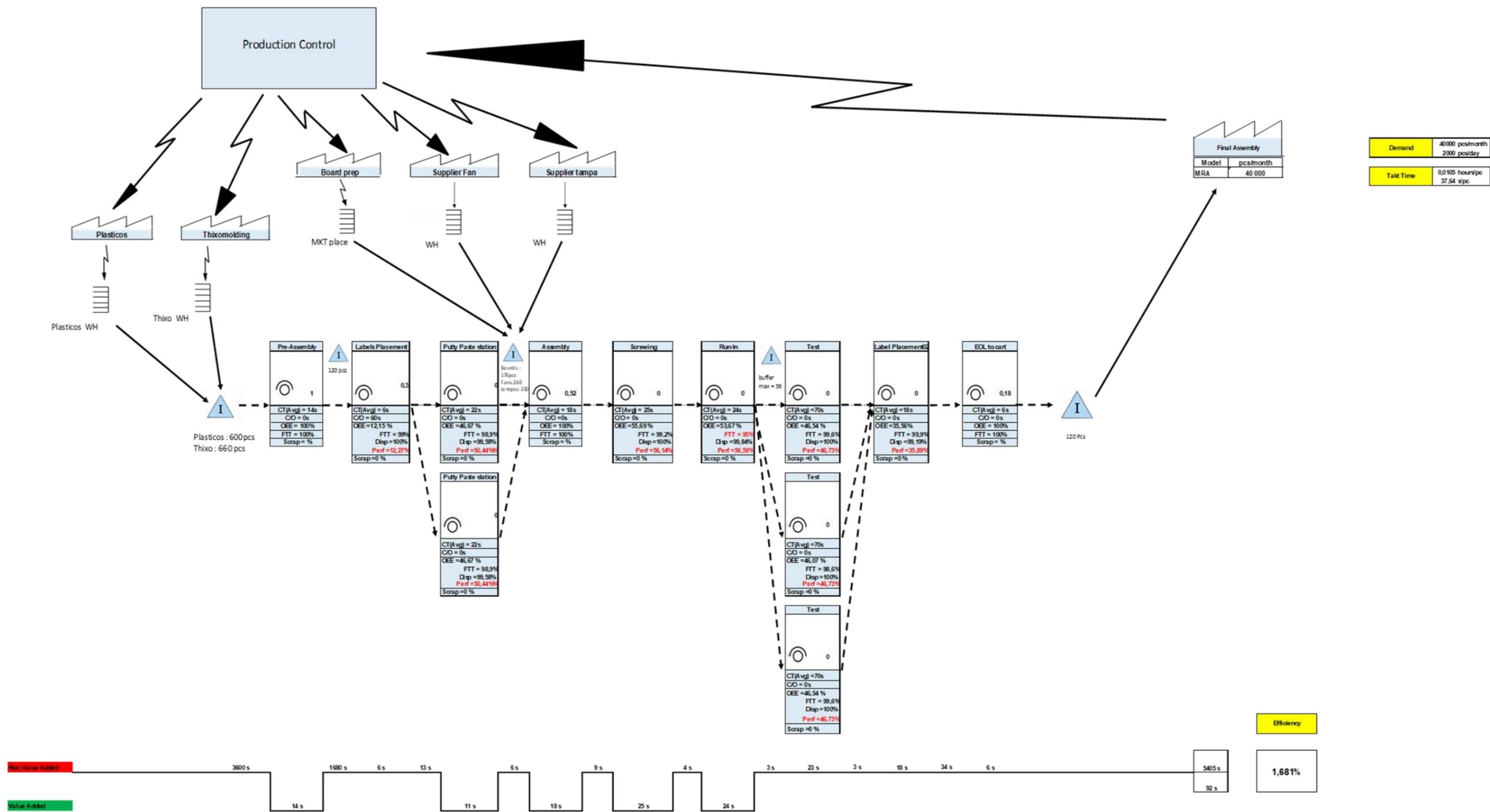


Figura A.10 - VSM da linha de *Final Assembly* do MRA





2022

Tomás Ribeiro

Construção de uma Obeya Room para a identificação BREAK