



## **INTEGRAÇÃO DAS LEAN TOOLS NO DMAIC (SEIS SIGMA) ? CASO DE ESTUDO**

**CATARINA RAQUEL FERNANDES FERREIRA**

novembro de 2018

## INTEGRAÇÃO DAS *LEAN TOOLS* NO DMAIC (SEIS SIGMA) –

### CASO DE ESTUDO

Catarina Raquel Fernandes Ferreira

**2017/2018**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO  
DO PORTO

isep

## INTEGRAÇÃO DAS *LEAN TOOLS* NO DMAIC (SEIS SIGMA) – CASO DE ESTUDO

Catarina Raquel Fernandes Ferreira  
1120294

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação de professor José Carlos Vieira de Sá.

**2018**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO  
DO PORTO

isep

# JÚRI

## **Presidente**

Doutor, Manuel Joaquim Pereira Lopes

Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Orientador**

Mestre/ Especialista José Carlos Vieira de Sá

Professor Adjunto Convidado, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Arguente**

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>



## AGRADECIMENTOS

Este trabalho não teria sido possível sem a colaboração das pessoas que ajudaram a concretizá-lo, que acompanharam e encorajaram-me ao longo deste percurso.

Começo por agradecer ao meu orientador, Eng.º José Carlos Silva, Mestre e Especialista, pelos conselhos e apoio, por me ter ajudado a valorizar os meus conhecimentos e conferindo-me informação e estímulo para realizar este trabalho. Agradeço por todo o seu acompanhamento, orientação, colaboração e paciência prestada nestes meses.

Quero agradecer de forma muito especial à Eng.ª Maria Teresa Costa, PhD, diretora de curso da minha licenciatura, a qual me marcou na minha licenciatura e para toda a minha vida. Obrigada por todos os conselhos, e também pelas repreensões que me ajudaram e ajudarão no futuro. A forma como se dedica aos alunos e ao trabalho é de louvar e não é esquecida.

Ao Eng.º Pereira Lopes, pelo suporte e apoio ilimitado durante estes dois anos. A sua sabedoria e experiência são surpreendentes.

Quero agradecer à Rubete, pela oportunidade e disponibilidade na obtenção e recolha de dados. Em particular, ao Eng.º Paulo Soares, ao Hugo e ao Roberto pela constante disponibilidade em ajudar-me. Paulo muito obrigada em tudo que me ajudou, sem você este trabalho não seria possível.

Não podia deixar de agradecer às pessoas do meu curso, tanto de Mestrado como de Licenciatura, que tanto contribuíram para um ambiente recetivo, que me permitiu partilhar grandes momentos e criar uma grande amizade.

Obrigada às meninas e treinadores da Equipa de Andebol do Modicus que me acompanharam nesta fase final e me ajudaram a desanuviar.

A todos os meus Amigos, pela amizade e apoio durante estes anos. Obrigada por toda a saga que passamos juntos, por todas as histórias.

Ao Luís, cujo carinho, apoio e compreensão estiveram sempre presentes, principalmente nos momentos mais difíceis. Obrigada por todo o companheirismo e amor ao longo destes anos.

Agradeço imenso à minha família, aos meus maravilhosos pais e à minha querida irmã, por todo o apoio, paciência e amor incondicional. Obrigada por todos os valores que me transmitiram e por sermos uma família tão unida. Vocês são as pessoas mais importantes da minha vida.

E por último, mas de forma muito sentida, agradeço ao meu Amigo “Senhor” José, na qual as saudades do cuidado e repreensões para que tinha comigo são inúmeras. E à minha fantástica Avó, a quem dedico a minha dissertação, que o orgulho dos netos não cabia nela obrigada pela eterna demonstração de Amor.

Muito obrigada de todo o coração !



## PALAVRAS CHAVE

*iLeanDMAIC; Lean Thinking; Lean Tools; DMAIC; SEIS SIGMA; VSM; SMED; Kanban.*

## RESUMO

O foco das organizações deve assentar na constante envolvimento do desejo de melhorias permitindo que a satisfação dos seus clientes aumente através de produtos de elevada qualidade, maximizando o seu lucro, através da eliminação dos desperdícios existentes ao longo do fluxo produtivo. Do mesmo modo, a necessidade de combater problemas e expandir negócios é igualmente crucial para a sobrevivência das organizações.

Com este projeto pretende-se auxiliar as organizações a resolverem os seus problemas de uma forma mais fácil e eficaz. Para tal, desenvolveu-se uma metodologia que segue as etapas do DMAIC, onde são indicadas quais as *Lean Tools* a utilizar nas diferentes etapas da resolução dos problemas (*iLeanDMAIC*), de forma a que o desempenho das organizações melhore, permitindo que estas correspondam às expectativas de mercado, apresentando-se de forma mais inteligente e competitiva em relação às outras organizações. O desenvolvimento desta metodologia exigiu primeiro uma pesquisa abundante e detalhada, que permitisse identificar quais as melhores *Lean Tools* para cada uma das fases do DMAIC, e de seguida a implementação da mesma para que esta fosse validada a nível empresarial. A implementação consistiu em dois casos de estudo. No primeiro caso de estudo, na Rubete, o problema identificado referia-se à falha na entrega ao cliente de um produto específico devido ao tempo de fluxo não ser otimizado, detendo vários desperdícios ao longo da cadeia de valor. A resolução baseada na implementação da metodologia desenvolvida, na qual as ferramentas praticadas foram *Kanbans*, permitiu a redução do lote de produção e criação de supermercados.

Para uma validação mais relevante da metodologia, recorreu-se ainda a um segundo estudo de caso, designado por Empresa X. No que diz respeito a esta implementação, o problema identificado deveu-se ao elevado tempo de *changeover* num determinado processo do fluxo de valor de um determinado produto, nomeadamente o processo de montagem. A resolução deste problema caiu na realização da ferramenta SMED. Com esta implementação atingiu-se uma melhoria de 44%, ou seja, o processo de *changeover* reduziu consideravelmente, fazendo com que o *Lead Time* fosse mais curto, e consequentemente que o *Takt Time* correspondesse às necessidades dos clientes. A aplicabilidade desta metodologia nos dois casos de estudo foi efetiva e promissora, no entanto requer pessoal especializado na compreensão e experiência das ferramentas e ainda que a resistência à mudança por parte das organizações seja combatida. A implementação da metodologia *Lean tools* com DMAIC desenvolvida que envolve a integração das *Lean Tools* no DMAIC neste projeto poderá ser determinante para o ramo empresarial, prevendo-se que a sua aplicação contribua para o sucesso e melhoria contínua de uma empresa.



**KEYWORDS**

*iLeanDMAIC; Lean Thinking; Lean Tools; DMAIC; SEIS SIGMA; VSM; SMED; Kanban.*

**ABSTRACT**

Organizations focus must reside in their constant desire for improvement in order to satisfy their clients as a result of high-quality products, thus maximizing their profits through waste reduction in the flow *production*. Additionally, problem-solving needs and business expansion is equally crucial for a company to survive and thrive.

The aim of this project is to help organizations to easily and accurately solve their problems. For that, a methodology based on *Lean Tools* and DMAIC was developed (*iLeanDMAIC*). This methodology would improve the organization's performance, allowing them to match the market expectations, thus offering them competitive ways to prevail against other organizations.

The development of this methodology required an initial literature review in the subject, in order to identify the most suitable *Lean Tools* for each DMAIC phase. Then, the methodology was implemented at a business level for validation. It consisted on two case studies. In the first case study, Rubete, the problem identified consisted in failure delivery of a specific product to the clients due to an unoptimized flow time, having several wastes along the value stream. The solution based on the implementation of the methodology here developed, namely using *Kanbans* tools, allowed the batch *production* to be reduced and creation of supermarkets.

For a more significant validation, a second case of study was analysed, being this entitled as Company X. Regarding this implementation, the problem resided on the large *changeover* time in a specific process of the value stream of a specific product, namely in the assembly process. The answer consisted in the use of SMED. Using this methodology, we were able to obtain an improvement of 44%, *i.e.* the *changeover* process was significantly reduced, leading to a lower *Lead Time*, and consequently to a *Takt Time* that would match the clients' needs.

The implementation of this methodology in both case studies exhibited effective and promising results, however it requires specialized and experienced people for its understanding and successful use. Additionally, companies must be less resistant to change and encouraged to evolve their way of thinking. The implementation of the methodology *Lean tools* with DMAIC developed in this work might be crucial in business, as we predict that its use could contribute for a company' continuous improvement and success.



## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

### Lista de Abreviaturas

3M's	Muda, Muri, Mura
BOM	Bill of Materials
C/O	Changeover
C/T	Cycle Time
DMAIC	Define-Measure-Analyse-Improve-Control
DPMO	Defeitos Por um Milhão de Oportunidades
FIFO	First In First Out
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
JIT	Just In Time
KPI	Key Performance Indicator
LSS	Lean Six Sigma
NC's	Não Conformidades
NVA	Non-Value Added
NVAA	Non-Value-Adding Activities
NNVAA	Necessary but non-value-adding Activities
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OPL	One Point Lesson
PDCA	Plan-Do-Check-Act
PT	Posto de Trabalho
SDCA	Standard-Do-Check-Act
SIPOC	Suppliers-Inputs-Process-Outputs-Customers
SMED	Single Minute Exchange of Die
SS	Six Sigma
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System
TQM	Gestão da Qualidade Total
VAA	Value-Adding Activities
VSD	Value Stream Design
VSM	Value Stream Mapping
WID	Waste Identification Diagram
WIP	Work In Progress

---

### Lista de Unidades

---

Bar	Pressão
h	Horas
L	Litro
Min	Minutos
Uni	Unidades

---

### Lista de Símbolos

---

%	Porcentagem
$\sigma$	Sigma

---

## GLOSSÁRIO DE TERMOS

5S	Ferramenta com 5 palavras que permite reduzir ou eliminar desperdícios através de ambientes de trabalho organizados.
Bottleneck	Gargalo é uma etapa de um processo que faz com que toda a cadeia de valor necessite de abrandar ou até mesmo parar.
Changeover	Tempo de mudança (C/O) é o tempo que demora a mudar de um tipo de produto para outro.
Cycle Time	Tempo de Ciclo (C/T) é o tempo que demora a produzir uma peça num determinado posto de trabalho ou processo.
DMAIC	Metodologia para resolução de problemas, com 5 fases: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar.
Heijunka	Termo japonês que se refere ao nivelamento da produção.
ILeanDMAIC	Metodologia desenvolvida que faz a integração de Lean Tools no DMAIC.
Just In Time	Filosofia japonesa para produzir a quantidade necessária, quando necessária.
Kaizen	Palavra japonesa para Melhoria Contínua.
Kanban	Palavra japonesa que significa cartão ou etiqueta.
Lead Time	Tempo necessário que um produto demora a percorrer todo o fluxo de valor.
Lean Thinking	Filosofia que se foca na redução ou eliminação de desperdícios; Pensamento “magro”.
Lean Tools	Ferramentas Lean que permitem a simplificação dos processos através da eliminação/ redução dos desperdícios;
Stakeholders	Partes Interessadas
Takt Time	Frequência com que uma peça deve ser produzida, com base na taxa de vendas para atender às necessidades do cliente.
Yokoten	Expressão japonesa que significa a partilha das boas práticas.



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – CICLO <i>ACTION-RESEARCH</i> (ADAPTADO DE SUSMAN ((1978))	28
FIGURA 2 – RUBETE – EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS, S.A. (RUBETE, 2015)	29
FIGURA 3 – TOYODA AUTOMATIC LOOM, TYPE G – O PRIMEIRO TEAR AUTOMATIZADO (CORPORATION, 2018)	34
FIGURA 4 – PRIMEIRO AUTOMÓVEL DA TOYODA (TOYOTA, 2018)	35
FIGURA 5 – A CASA TPS (ADAPTADO DE LIKER & MORGAN (2006))	36
FIGURA 6 – ESQUEMA DOS TIPOS DE ATIVIDADES NUM SISTEMA DE PRODUÇÃO (ADAPTADO DE (SAHOO ET AL., 2008))	38
FIGURA 7 – OS 7 DESPERDÍCIOS (OHNO, 1988; SHINGO, 1989) + 1 DESPERDÍCIO (J. K. LIKER, 2004)	40
FIGURA 8 – MODELO DOS 3M’S (GUNZI, 2015)	40
FIGURA 9 – <i>STAKEHOLDERS</i> DE UMA ORGANIZAÇÃO (ADAPTADO DE (FREEMAN, 1984))	41
FIGURA 10 – OS 5 PRINCÍPIOS DE WOMACK E JONES	42
FIGURA 11 – PALAVRA <i>KAIZEN</i> (INSTITUTE, 2018).	43
FIGURA 12 – <i>TEMPLATE</i> DO RELATÓRIO A3 (V. SHOOK, 2018)	45
FIGURA 13 – OS 5S’S (PRODUCTS, 2018)	49
FIGURA 14 – A EVOLUÇÃO ATÉ AO CONCEITO <i>JIDOKA</i> (FONTE: ( <i>LEAN ENTERPRISE INSTITUTE</i> , N.D.))	51
FIGURA 15 – SISTEMA ANDON (FONTE: (AUTOMATION, 2008))	51
FIGURA 16 – EXEMPLO DE POKA-YOKE (FONTE: (“POKA-YOKE EXEMPLO,” N.D.))	54
FIGURA 17 – CICLO DMAIC	57
FIGURA 18 – OBJETIVOS DA INTEGRAÇÃO DE <i>LEAN</i> SEIS SIGMA (ADAPTADO DE (DROHOMERETSKI ET AL., 2014; SNEE, 2010))	59
FIGURA 19 – BOM DO RESERVATÓRIO VERTICAL 300L	69
FIGURA 20 – METODOLOGIA DESENVOLVIDA NA RUBETE	70
FIGURA 21 – <i>KAIZEN BURST</i>	74
FIGURA 22 – FLUXOS DE INFORMAÇÃO A ELIMINAR - RUBETE	74
FIGURA 23 – MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO	77
FIGURA 24 – LOTE DE 12 UNIDADES - RUBETE	78
FIGURA 25 – MODELO <i>KANBAN</i> SINAL PINTURA	80
FIGURA 26 – <i>KANBAN</i> DE SINAL PINTURA NUM RESERVATÓRIO DE LOTE 12	80
FIGURA 27 – MODELO <i>KANBAN</i> PRODUÇÃO – RUBETE	81
FIGURA 28 – SUPERMERCADO DE PRODUTO ACABADO – RUBETE	82
FIGURA 29 – ENCOMENDA DE 7 UNIDADES – <i>KANBAN</i> ESPECIAL	82
FIGURA 30 – ENCOMENDA ESPECIAL DE 3 UNIDADES – <i>KANBAN</i> ESPECIAL RUBETE	83
FIGURA 31 – MODELO DE <i>KANBAN</i> ESPECIAL – RUBETE	83
FIGURA 32 – METODOLOGIA DESENVOLVIDA NA EMPRESA X	85
FIGURA 33 – ESTADO INICIAL DOS EMPURRADORES – EMPRESA X	89
FIGURA 34 – MELHORIA NA ARRUMAÇÃO DOS EMPURRADORES – EMPRESA X	90
FIGURA 35 – ABERTURA DAS CAIXAS – EMPRESA X	90
FIGURA 36 – MELHORIA NO AJUSTE DAS BARRAS – EMPRESA X	91
FIGURA 37 – RESERVATÓRIO 300L VERTICAL – RUBETE	115



## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – NÍVEIS DO DAILY <i>KAIZEN</i>	44
TABELA 2 – DESCRIÇÃO DAS FASES DO DMAIC	58
TABELA 3 – FERRAMENTAS APLICADAS NO DMAIC	61
TABELA 4 – EXPLICAÇÃO DA ESCOLHA DO DMAIC E <i>LEAN TOOLS</i>	65
TABELA 5 – METODOLOGIA DESENVOLVIDA	66
TABELA 6 – TEMPOS DOS PROCESSOS PRODUTIVOS – RUBETE	71
TABELA 7 – CÁLCULO DO <i>LEAD TIME</i> – RUBETE	72
TABELA 8 – CÁLCULO DO TAMANHO DO LOTE	73
TABELA 9 – PRIORIDADE NOS CICLOS - RUBETE	75
TABELA 10 – PRIORIDADE POR ETAPA - RUBETE	76
TABELA 11 – NUMERAÇÃO DAS MELHORIAS	77
TABELA 12 – MÉTRICAS <i>LEAN</i> DO ESTADO INICIAL DA EMPRESA X	86
TABELA 13 – DADOS INICIAIS – EMPRESA X	88
TABELA 14 – PROPOSTA DE CONVERSÃO DAS ATIVIDADES – EMPRESA X	89
TABELA 15 – TEMPOS DE NOVO BALANCEAMENTO – EMPRESA X	93



## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1 – CÁLCULO OEE.....	55
EQUAÇÃO 2 – CÁLCULO DOS 3 PARÂMETROS DO OEE.....	55
EQUAÇÃO 3 – PROCURA DIÁRIA DO CLIENTE – RUBETE.....	70
EQUAÇÃO 4 – FÓRMULA DO TAKT TIME – RUBETE.....	70
EQUAÇÃO 5 – DISPONIBILIDADE TOTAL – RUBETE.....	71
EQUAÇÃO 6 – DISPONIBILIDADE RESERVATÓRIO 300 L – RUBETE.....	71
EQUAÇÃO 7 – TAKT TIME – RUBETE.....	71
EQUAÇÃO 8 – FÓRMULA PARA CÁLCULO DO TAMANHO DO LOTE.....	73
EQUAÇÃO 9 – SOMA DO TEMPO DE CICLO DA METALOMECÂNICA – RUBETE.....	79
EQUAÇÃO 10 – SOMA DO TEMPO DE CICLO DA METALOMECÂNICA EM DIAS – RUBETE.....	79
EQUAÇÃO 11 – STOCK MÍNIMO (DIA).....	79
EQUAÇÃO 12 – STOCK MÍNIMO (UNIDADES – RUBETE.....	79
EQUAÇÃO 13 – STOCK SEGURANÇA – RUBETE.....	79
EQUAÇÃO 14 – CÁLCULO DO KANBAN SINAL DA PINTURA – RUBETE.....	79
EQUAÇÃO 15 – CÁLCULO DE KANBANS NO SUPERMERCADO DE PRODUTO ACABADO – RUBETE.....	81



# ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	27
1.1	Enquadramento e Motivação	27
1.2	Metodologia de Investigação	28
1.3	Casos de Estudo: Rubete e Empresa X	29
1.4	Estrutura e Organização da Dissertação	30
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	33
2.1	Motivação Organizacional – <i>Lean</i> Seis Sigma	33
2.2	<b>LEAN MANUFACTURING</b>	34
2.2.1	História	34
2.2.2	Pensamento <i>Lean</i>	37
2.2.3	Tipos de desperdícios	37
2.2.4	Princípios do <i>Lean Thinking</i>	41
2.2.5	<i>Lean tools</i>	43
2.3	<b>SEIS SIGMA</b>	55
2.3.1	Metodologia Seis Sigma	55
2.3.2	Metodologia DMAIC	56
2.4	<b>LEAN SEIS SIGMA - LSS</b>	59
2.4.1	<i>LEAN SEIS SIGMA</i>	59
2.4.2	Integração entre as <i>Lean Tools</i> e a metodologia DMAIC do Seis Sigma	60
3	DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA	65
3.1	<b>A metodologia DMAIC com as <i>Lean tools</i> - <i>iLeanDMAIC</i></b>	65
3.1.1	Enquadramento da conceção da metodologia	65
3.1.2	Apresentação da metodologia <i>iLeanDMAIC</i>	66
3.1.2.1	Fase D – Definir	67
3.1.2.2	Fase M – Medir	67
3.1.2.3	Fase A – Analisar	67
3.1.2.4	Fase I – Improve (melhorar)	68
3.1.2.5	Fase C – Controlar	68

---

<b>3.2 Implementação – Caso de Estudo</b>	<b>69</b>
3.2.1 Implementação da metodologia na Rubete	69
3.2.2 Implementação da metodologia na Empresa X	85
<b>3.3 Análise e validação da metodologia <i>iLeanDMAIC</i> através dos resultados das soluções implementadas</b>	<b>95</b>
<b>4 CONCLUSÕES</b>	<b>99</b>
<b>5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO</b>	<b>103</b>
<b>6 ANEXOS</b>	<b>115</b>
6.1 ANEXO1	115
6.2 ANEXO2	116
6.3 ANEXO3	117
6.4 ANEXO4	118
6.5 ANEXO 5	119
6.6. ANEXO 6	120
6.7 ANEXO 7	121
6.8 ANEXO 8	122

# INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO

1.2 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

1.3 CASOS DE ESTUDO: RUBETE E EMPRESA X



# 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um modelo que faça a integração das *Lean Tools* através da metodologia DMAIC (do Seis Sigma), aplicadas posteriormente em dois casos de estudo em ambiente empresarial, na empresa Rubete – Equipamentos Industriais S.A. e na empresa X.

Este capítulo iniciará-se com a apresentação da proposta de trabalho, os objetivos e metodologia de investigação. Por fim a apresentação da empresa, onde foram recolhidos alguns dados para a realização do caso de estudo.

## 1.1 Enquadramento e Motivação

Atualmente, nos mercados globais é cada vez mais importante que as empresas trabalhem de forma mais inteligente para se manterem competitivas, e portanto, sobreviverem à constante mudança. Para tal, é necessário que as empresas se envolvam continuamente no aumento da satisfação dos seus clientes através de produtos de elevada qualidade, maximizando o seu lucro, através da eliminação dos desperdícios existentes ao longo do fluxo produtivo.

A metodologia *Lean* permite que as organizações identifiquem e eliminem os desperdícios, através da aplicação de diversas ferramentas. A política de eliminação dos desperdícios resulta subsequentemente na redução de tempos de produção, possibilitando o cumprimento de prazos de entrega, proporcionando o aumento de produtividade nas organizações (Maia, Alves, & Leão, 2010).

A metodologia 6 Sigma assenta no DMAIC, evolução do ciclo PDCA, que são as diferentes fases de análise e melhoria dos processos, permitindo a redução de defeitos, e a redução da variabilidade dos processos.

Pretende-se com este trabalho desenvolver uma proposta para resolução de problemas através da metodologia DMAIC, fazendo a interligação de diversas *Lean tools*.

Este estudo tem como objetivo identificar quais as *Lean tools* que devem ser aplicadas em cada fase do DMAIC, na resolução de problemas e no incremento de valor acrescentado para as organizações.

Este projeto tem como base dois casos de estudo para implementação das soluções e visualização dos resultados, que consistirá num levantamento da situação inicial, e posterior implementação do ciclo DMAIC com as *Lean tools*. Neste trabalho pretende-se fazer uma ligação *Lean* – Seis Sigma, nomeadamente entre as *Lean Tools* e a metodologia DMAIC.

Como principais tarefas, enumera-se as seguintes:

- Realização da revisão bibliográfica – com base na filosofia *Lean*, Seis Sigma, ligação entre esses dois conceitos, nomeadamente as *Lean Tools* (ferramentas da filosofia *Lean*) e o DMAIC (metodologia de resolução de problemas do Seis Sigma);
- Desenvolvimento de uma proposta de uma metodologia que envolva as *Lean tools* na metodologia DMAIC;
- Aplicação da proposta em duas situações reais;
- Recolha de resultados e conclusões.

## 1.2 Metodologia de Investigação

Neste trabalho utilizou-se a metodologia de investigação *Action-Research*. A metodologia *Action-Research* compreende uma variedade de ações, de avaliação, investigação e métodos analíticos que diagnostiquem o problema ou os pontos fracos de um determinado processo (Carr, 2006; Robertson, 2000). A utilização desta metodologia permite o desenvolvimento de soluções práticas para um problema de forma rápida e eficiente (Susman & Evered, 1978; Zuber-Skerritt & Perry, 2002). Também pode ser designada de ciclo de ação pois segue um processo definido que deve ser repetido ao longo do tempo (Müller & Hagner, 2002). Este ciclo é constituído por 5 etapas: diagnóstico; planeamento; implementação; avaliação; e conclusões. A figura seguinte apresenta as diversas etapas ao longo do ciclo.

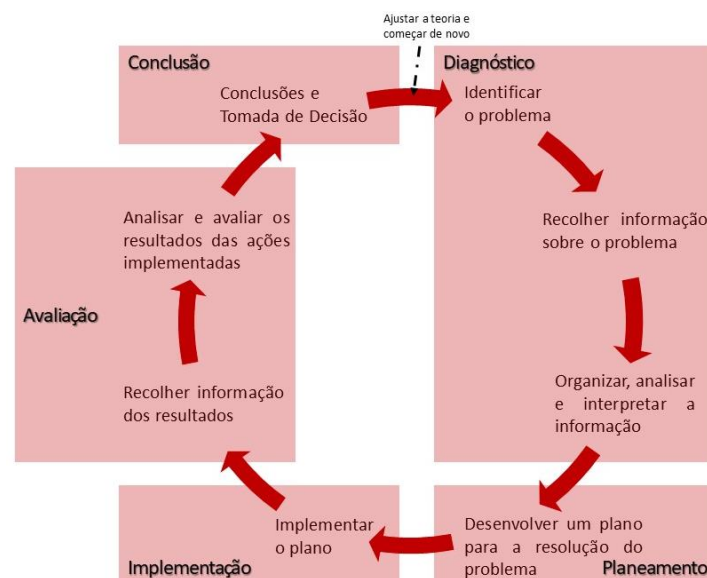


Figura 1 – Ciclo *Action-Research* (adaptado de Susman ((1978))

A aplicação concreta desta metodologia neste trabalho efetuou-se da seguinte forma: (1) Identificação de problemas que estejam a afetar o desempenho das organizações, nomeadamente na dificuldade que os agentes Lean têm na utilização e implementação das Lean Tools para a resolução de problemas nas empresas; O uso das Lean Tools de forma individual não é complexo, no entanto quando utilizadas em conjunto e de forma sequenciada e estruturada o impacto é muito maior; (2) Recolher informação sobre as ferramentas do universo *Lean*; (3) Organizar e analisar quais as *Lean tools* mais apropriadas para cada fase do ciclo DMAIC; (4) Desenvolver uma metodologia que integre as *Lean Tools* na metodologia DMAIC; (5) Implementar a metodologia em diversas organizações; (6) Recolha dos resultados obtidos da implementação; (7) Análise e validação das ações implementadas; e (8) conclusão dos resultados sobre a aplicação da metodologia desenvolvida nesta dissertação.

### 1.3 Casos de Estudo: Rubete e Empresa X

Neste trabalho foram utilizados dois casos de estudo para a implementação e validação da metodologia desenvolvida. O primeiro caso de estudo foi realizado na empresa Rubete – Equipamentos Industriais, S.A., situada em Vila Nova de Gaia e fundada em 1980. Inicialmente, a empresa tinha como finalidade a produção de compressores de pistão. Neste momento, o principal foco da organização é a produção de reservatórios e compressores de diferentes capacidades, consoante os requisitos dos clientes.



Figura 2 – Rubete – Equipamentos Industriais, S.A. (Rubete, 2015)

Uma implementação mais detalhada foi efetuada numa empresa do sector de outras obras de Madeira, denominada de Empresa X, que por motivos de confidencialidade o seu nome foi omitido. Esta empresa está envolvida na produção de objetos de madeira para diversas aplicações.

## 1.4 Estrutura e Organização da Dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em seis capítulos que estão organizados da seguinte forma:

- *Capítulo 1. Introdução* – No primeiro capítulo apresenta-se os objetivos desta dissertação e as motivações à sua realização. A metodologia de investigação aplicada ao longo deste projeto é também detalhada.
- *Capítulo 2. Revisão Bibliográfica* – Neste capítulo reuniu-se uma pesquisa bibliográfica extensiva acerca do tema, de forma a contextualizar o problema, e de forma breve apresentar o estado da arte. Esta pesquisa também permitiu a análise de possíveis soluções, que possam vir a ser exploradas no capítulo seguinte.
- *Capítulo 3. Desenvolvimento* – O trabalho foi definido e discutido em detalhe neste capítulo. Inicialmente apresenta-se a metodologia desenvolvida, integração das *Lean Tools* no DMAIC, e posteriormente aplica-se essa metodologia em dois casos de estudo (implementação na Rubete e na Empresa X). Este capítulo expõe uma análise crítica à implementação da metodologia desenvolvida nas duas organizações, tendo-se discutido a sua praticabilidade.
- *Capítulo 4. Conclusões* – Na parte final do trabalho reuniu-se os pontos mais importantes deste projeto focando na sua importância para a área empresarial, apresentando-se também possível trabalho futuro.
- *Capítulo 5. Bibliografia e outras fontes de informação*
- *Capítulo 6. Anexos* – Neste capítulo incluiu-se alguma informação suplementar utilizada ao longo deste trabalho.

# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 2.1 MOTIVAÇÃO ORGANIZACIONAL – *LEAN* SEIS SIGMA

### 2.2 *LEAN* MANUFACTURING

#### 2.2.1 HISTÓRIA

#### 2.2.2 PENSAMENTO *LEAN*

#### 2.2.3 TIPOS DE DESPERDÍCIOS

#### 2.2.4 PRINCÍPIOS DO *LEAN THINKING*

#### 2.2.5 *LEAN TOOLS*

### 2.3 SEIS SIGMA

#### 2.3.1 METODOLOGIA SEIS SIGMA

#### 2.3.2 METODOLOGIA DMAIC

### 2.4 *LEAN* SEIS SIGMA - LSS

#### 2.4.1 *LEAN* SEIS SIGMA

#### 2.4.2 INTEGRAÇÃO ENTRE AS *LEAN TOOLS* E A METODOLOGIA DMAIC DO SEIS SIGMA



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este importante capítulo de revisão da literatura, encontra-se dividido em 4 secções, de forma a fazer um levantamento progressivo do tema em estudo. Primeiro focar-se-á na intrínseca necessidade de melhorar e inovar os processos das empresas, devido à crescente concorrência através da implementação de *Lean Seis Sigma*. De seguida, abordar-se-á o surgimento da metodologia *Lean* e posterior metodologia Seis Sigma, com o intuito de fazer uma ligação entre esses conceitos, nomeadamente as *Lean Tools* (ferramentas da filosofia *Lean*) e o DMAIC (metodologia de resolução de problemas do Seis Sigma).

### 2.1 Motivação Organizacional – *Lean Seis Sigma*

O antagonismo progressista vivido nas organizações é tal que existe uma necessidade superior de combater problemas e expandir negócios.

O desenvolvimento tecnológico, bem como a crescente concorrência entre organizações fazem com que estas pretendam oferecer, gradualmente, melhores produtos e serviços, tendo como grande prioridade as necessidades dos clientes.

Além de um dos objectivos-chave das empresas ser fornecer um produto / serviço com elevada qualidade para os seus clientes, existem outros objetivos, tal como a satisfação dos clientes.

Para que as empresas possam atender às exigências do mercado, tanto dos clientes, como dos principais concorrentes, é necessário estudar o estado atual do processo e implementar técnicas de melhoria da qualidade para melhorar o processo de negócios. Juntamente com o uso dessas técnicas, é possível determinar a causa das falhas do processo atual, desenvolvendo e implementando soluções para corrigir esses problemas, permitindo assim, a melhoria da qualidade dos processos das empresas.

Sendo assim, na busca da excelência, utilizam-se técnicas de melhoria de qualidade tais como: Gestão da Qualidade Total (TQM), o Seis Sigma, entre outros. E também, através de processos de melhoria contínua, tal como na filosofia *Lean*, a incessante procura pela perfeição (James P Womack, Jones, & Roos, 1990).

Existe ainda a possibilidade de as empresas integrarem os dois conceitos Seis Sigma e *Lean*, conhecido por *Lean Seis Sigma* (LSS).

A integração dos princípios *Lean* e da Metodologia Seis Sigma, atualmente, é uma procura constante na investigação porque esta integração permite alcançar maior eficiência nas organizações. Para Snee (2010), o LSS é definido como uma estratégia de negócios e, ao mesmo tempo, uma metodologia que possibilita o aumento do desempenho dos processos, resultando numa maior e melhor satisfação dos clientes e em melhores resultados.

## 2.2 LEAN MANUFACTURING

Nesta secção abordar-se-á os conceitos e os fundamentos defendidos pelo Pensamento *Lean*, descrevendo: (1) a história desde o sistema desenvolvido da Toyota – o TPS – até ao desenvolvimento do *Lean Manufacturing*; (2) a filosofia do pensamento *Lean* e a sua definição; (3) os tipos de desperdícios que existem nas organizações; (4) os 5 princípios base da filosofia *Lean*; e ainda (5) algumas das ferramentas e metodologias associadas a este pensamento.

### 2.2.1 História

Antes de se abordar o conceito *Lean* é necessário recuar no tempo. A produção *Lean* nasceu no seio da cultura Japonesa, em 1940, associada ao Sistema de Produção da Toyota – *Toyota Production System (TPS)* – que se originou através do raciocínio fiel à otimização, minimização de desperdícios e criação de valor. Este sistema evoluiu ao longo da história e, portanto, deu origem ao que chamamos de *Lean Thinking*.

O conceito *Lean Thinking* – traduzindo para português “pensamento magro” – surgiu pela primeira vez em 1996, na obra de referência de James Womack e Daniel Jones, como um conceito de liderança e gestão empresarial (J. P. Pinto, 2014).

No entanto, alguns dos conceitos iniciais acerca do *Lean Manufacturing*, nasceram mesmo antes da criação da Toyota Motor Corporation. Sakichi Toyoda – considerado o “pai da revolução industrial japonesa” – iniciou estudos sobre a automação de teares manuais, fundando a Toyoda Loom Works (Romero & Andery, 2016).

Em 1918, criou a primeira máquina de fiar elétrica do Japão, originando uma revolução da indústria têxtil japonesa. É neste mesmo ano que é fundada a Toyoda Spinning and Weaving Co., Ltd (Corporation, 2018).

Em 1924, Sakichi Toyoda criou o primeiro tear automatizado (Figura 3), sem qualquer tipo de operação manual. Contudo, quando algum fio se partia, a produção parava, provocando desperdícios. A aplicação da automação, é considerada, mais tarde, um pilar na criação do sistema Toyota (conceito *Jidoka*, que irá ser abordado nas secções seguintes da revisão da literatura).



Figura 3 – Toyoda Automatic Loom, Type G – o primeiro tear automatizado (Corporation, 2018)

Kiichiro Toyoda, filho de Sakichi, com o intuito de se licenciar na fabricação de teares, viajou para os Estados Unidos, onde se entusiasmou com a indústria automóvel. Devido à motivação encontrada neste ramo, conseguiu que se criasse, em 1933, uma linha de produção de automóveis na indústria do pai. Logo após 3 anos, em 1936, foi lançado o primeiro automóvel – o Standard Sedan AA 1936 – da marca Toyota (Toyota, 2018).

A título de curiosidade, é apresentado de seguida o primeiro automóvel da Toyota, Figura 4.



Figura 4 – Primeiro Automóvel da Toyota (Toyota, 2018)

No ano seguinte, em 1937, Kiichiro e Eiji Toyoda (primo de Kiichiro) constituem a Toyota Motor Co. Ltd (Toyota, 2018). A fim de implementar melhorias na empresa, Kiichiro contrata o Engenheiro Taiichi Ohno, onde este contribuiu para o desenvolvimento do Sistema de Produção da Toyota, criando assim a filosofia *Lean*, em 1940.

É de notar ainda que no início do século XX, Henry Ford, fundador da Ford Motor Company, introduziu técnicas de produção na indústria automóvel, que tinha como foco substituir a produção artesanal (produzir pouca quantidade de um tipo de produto a um custo elevado) pela produção em massa (Holweg, 2007).

A General Motors, multinacional com sede nos Estados Unidos, cuja principal área de negócios é a indústria automóvel, também sentiu dificuldades com a produção em massa. Como solução, Alfred Pritchard Sloan, presidente da General Motors na altura, teve a ideia de criar divisões corporativas, eliminando a ideia da gestão central (James P Womack et al., 1990).

Este modelo de produção era pouco flexível porque oferecia baixa variedade de produtos, o que motivou as empresas japonesas a desenvolverem um sistema produtivo mais flexível, o TPS (J. K. Liker, 2004).

### A casa TPS:

Para representar todos os métodos desenvolvidos por Taiichi Ohno, Fujio Cho (presidente honorário da Toyota Motor Corporation) resumizou esses métodos num diagrama em forma de uma casa – a casa TPS (Figura 5) (J. K. Liker & Morgan, 2006).

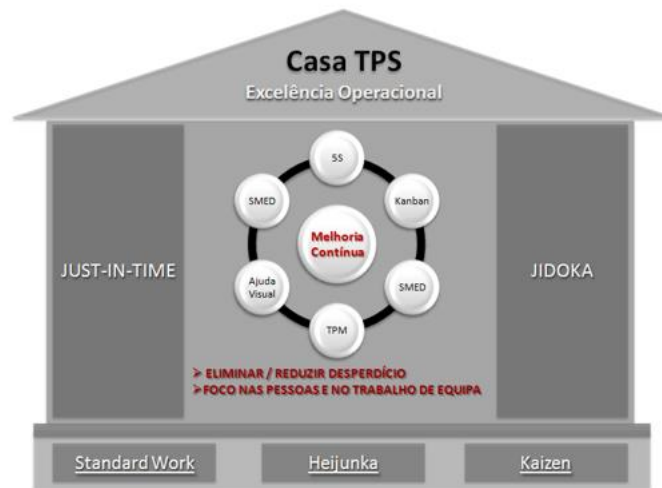


Figura 5 – A casa TPS (adaptado de Liker & Morgan (2006))

A casa TPS – casa do *Lean* – representa aquilo que é o mecanismo de funcionamento desta filosofia que tem como principais objetivos obter: menores custos; melhor qualidade; menores *lead times*; maior segurança e crescente motivação de todos os colaboradores e parceiros da empresa.

Fazendo-se uma breve análise a toda a estrutura da casa, verifica-se que esta é sustentada por uma base sólida assente nos conceitos de: (1) *Standard Work*, que representa o trabalho normalizado, permitindo a redução da variabilidade dos procedimentos e ainda melhorar a qualidade e flexibilidade (Emiliani, 2013); (2) *Kaizen*, conceito de melhoria contínua; e (3) *Heijunka*, termo usado para descrever um sistema de produção misto – produção nivelada (Coleman & Vaghefi, 1994).

Tendo os alicerces desta estrutura assentes, surgem como pilares, o Just-In-Time (JIT) e o *Jidoka*. O JIT refere-se à capacidade de implementação de produção puxada, permitindo a obtenção daquilo que se pretende, apenas na quantidade e altura desejadas. Quanto ao conceito de *Jidoka*, é um termo japonês que tem como tradução “*automation with a human touch*”, que permite a diminuição de colaboradores no controlo das máquinas (Hinckley, 2007).

Surgem por fim, e não menos importantes, no seu interior, todas as ferramentas que auxiliam o Pensamento *Lean* (J. P. Pinto, 2014).

É importante ser referido que toda a filosofia TPS assenta na utilização destas ferramentas, e que a aplicação de cada um individualmente representa benefícios para uma organização, mas quando aplicadas como um todo produzem efeitos evidentes.

### 2.2.2 Pensamento *Lean*

A crescente competitividade do mercado tem vindo a crescer, provocando uma enorme tensão nas organizações para que estas procurem a excelência, de maneira a que as suas atividades sejam cada vez mais flexíveis, eficientes e eficazes.

Neste contexto surge o paradigma *Lean Production* com o intuito de melhorar o desempenho das empresas, através da redução de custos e aumentando a satisfação dos clientes oferecendo produtos individualizados com melhor qualidade e com prazos de entrega mais curtos (Belekoukias, Garza-Reyes, & Kumar, 2014). A filosofia *Lean*, em 1990, foi divulgada na publicação do livro de James Womack, Daniel Jones e Daniel Roos – “*The Machine That Changed The World*” (James P Womack et al., 1990). Na qual, as empresas com maior inclinação para o empreendedorismo, adaptaram-se a esta filosofia, de forma a acrescentar valor às suas atividades (James P. Womack, 1996).

Para que a filosofia *Lean* perdure na produção e se obtenha os maiores proveitos com ela, as empresas devem apostar no mais importante: as pessoas. Com a mudança de comportamentos e mentalidades, a filosofia *Lean* sobrevive nas empresas e com isto torna-as mais competitivas e eficientes.

*Lean production* é considerado um sistema sociotécnico projetado com o intuito de eliminar todo o tipo de desperdício, reduzindo a variabilidade nos processos internos e externos (Shah & Ward, 2007).

Segundo Mehmet Cakmakci (2009), a metodologia *Lean* carece de flexibilidade produtiva, de modo a que as empresas respondam às constantes variações do mercado. O pensamento *Lean* procura assim a redução de desperdícios sem que os princípios de flexibilidade e de qualidade sejam postos em causa (Pool, Wijngaard, & Van Der Zee, 2011).

*Lean manufacturing* pode ser descrito como a eliminação do desperdício dos processos numa organização (J. P. Womack & Jones, 1997). Qualquer coisa que não adicione valor ao produto final é considerada desperdício, de seguida irá ser apresentado os tipos de desperdícios e como podem ser identificados.

### 2.2.3 Tipos de desperdícios

A filosofia *Lean* concentra-se na sistemática eliminação de qualquer tipo de desperdício e ainda na criação de valor.

Entende-se por desperdício toda a atividade humana que não acrescenta valor para o cliente e que este não está disposto a pagar (Ohno, 1988; J. P. Womack & Jones, 1997). Segundo Ohno (1988), desperdício corresponde a todas as atividades que consomem recursos, mas que não acrescentam valor para o cliente não estando este disposto a pagar. Para tal, deve-se inicialmente entender o que realmente cria valor para o cliente, identificando as atividades que têm valor agregado.

No entanto, existem atividades que não têm valor – desperdício – mas que são necessárias. Sendo assim, pode-se concluir que existem três tipos de atividades: (1)

atividades que criam valor (*Value-Adding Activities* – VAA); (2) atividades que nem criam valor e nem são necessárias (*Non-Value-Adding Activities* – NVAA); e (3) atividades que não criam valor mas que são necessárias (*Necessary but non-value-adding Activities* – NNVAA) (Monden, 1998).

Os três tipos de atividades, são esquematizados na seguinte figura (Figura 6) (Sahoo, Singh, Shankar, & Tiwari, 2008). Como conclusão, as atividades sem valor acrescentado (*Non-Value Added* – NVA) que são desnecessárias (NVAA) devem ser eliminadas, contudo as que são necessárias devem ser reduzidas (NNVAA).



Figura 6 – Esquema dos tipos de atividades num sistema de produção (Adaptado de (Sahoo et al., 2008))

Após a identificação das atividades deve-se eliminar as que não possuem valor, se possível, ou pelo menos reduzi-las. Deve-se identificar e quantificar os diferentes tipos de muda (em japonês significa desperdício).

### **Os 7 desperdícios:**

Shigeo Shingo (1989) e Taiichi Ohno (1988) identificaram sete desperdícios:

#### **□ *Sobreprodução:***

Para Ohno (1988), a sobreprodução é o principal desperdício porque origina outros tipos de desperdícios (J. K. Liker, 2004). Ocorre quando produz quantidade de produtos a mais e antes de serem requeridos, que por sua vez contribui para a existência e aumento do WIP (*Work In Progress* – este termo refere-se à quantidade de produtos que estão à espera para serem consumidos/processados (Hines, Bartolini, & Silvi, 2002; H. Lee & Seo, 2016).

#### **□ *Transportes:***

Transporte de materiais e informação provocam gastos desnecessários de tempo, capital e energia (J. P. Pinto, 2014).

□ **Paragens:**

O tempo desperdiçado por pessoas, máquinas ou produtos, sendo representado como tempo improdutivo, fazendo com que o *lead time* aumente (Melton, 2005).

□ **Inventário:**

A acumulação de *stock* em matéria-prima, produtos intermédios e produtos acabados, origina custos mais elevados em transporte ou produção e ainda pode causar falhas de planeamento de produção (Melton, 2005). Para Bicheno (2008) a situação ideal seria não existir inventário, no entanto faz com que o *lead time* aumente condenando a produtividade.

A existência de *stocks* elevados (inventário) tem outras desvantagens, como:

- Capital investido em *stock*, ao invés de investir em negócios que poderiam trazer valor para a organização; é possível calcular o valor médio gasto em *stock* através do WIP existente num determinado posto de trabalho com o valor unitário do produto (José Carlos Sá, 2010).
- A deterioração do material ao passar no tempo, devido a não serem utilizados.

□ **Sobreprocessamento:**

Ocorre quando existe processos desnecessários, não criando valor para o produto, tornando o processo ineficaz.

□ **Movimentações:**

Quando existe falta de organização nos postos de trabalho, layouts desajustados e falta de metodologias de trabalho, desencadeia a deslocamentos desnecessários das pessoas, provocando desperdício de tempo (Hines, Found, Griffiths, & Harrison, 2011).

□ **Defeitos (Produto não conforme):**

Problemas frequentes nas fases de processo ou problemas de qualidade do produto. Desperdícios causados por defeitos, são erros que ocorrem durante o processo, que exigem retrabalho ou trabalho adicional (Melton, 2005).

Liker (2004) identificou um outro tipo de desperdício: a não utilização do potencial humano. Este oitavo desperdício (Figura 7), tem em conta a fraca envolvência dos colaboradores nas organizações, não aproveitando as ideias e competências destes, originando perda de tempo e falta de oportunidades de melhoria e de aprendizagem.

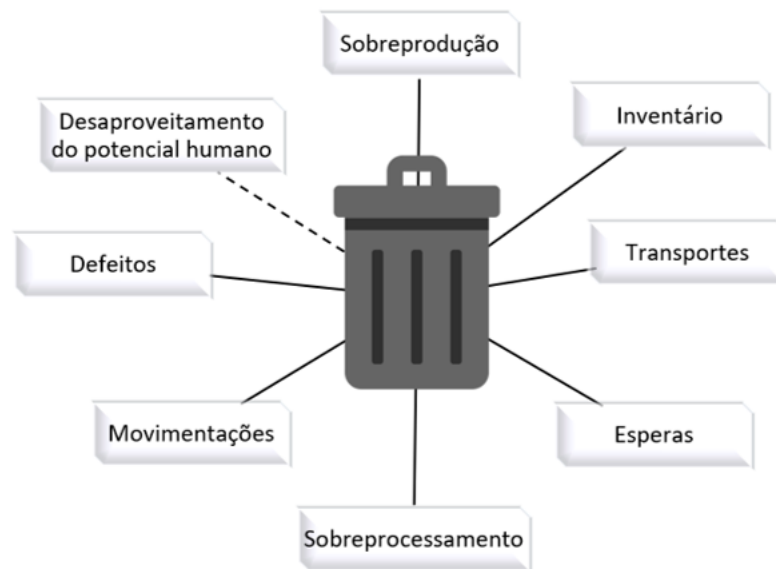


Figura 7 – Os 7 desperdícios (Ohno, 1988; Shingo, 1989) + 1 desperdício (J. K. Liker, 2004)

Como já foi referido, *Muda* significa desperdício. Contudo, existe outros dois tipos de desperdícios: *Mura* e *Muri*. A este conjunto é comum chamar de 3M's (Figura 8).

*Mura* representa a variabilidade no sistema produtivo, enquanto que *Muri* representa a instabilidade, sobrecarregando as pessoas ou equipamentos em problemas de segurança e qualidade.

Por vezes, *Muda* leva a *Muri*, desperdício origina instabilidade, porque o que eventualmente é consistente causa uma sobrecarga em todos os envolvidos (Hines et al., 2011).



Figura 8 – Modelo dos 3M's (Gunzi, 2015)

É possível identificar os desperdícios através de diversas metodologias. José Carlos Sá (2010) desenvolveu um modelo gráfico no qual é possível as unidades de produção identificarem facilmente os desperdícios. Esse modelo é designado de *Waste Identification Diagram* (WID) e tem como estratégia a visualização dos problemas no chão de fábrica (*Gemba*) para se encontrar o ponto de partida desses problemas (J. Carlos Sá, Dinis-Carvalho, & M.Sousa, 2011).

Com o *Value Stream Mapping* (VSM) é possível mapear o fluxo de valor de um produto, conseguindo detetar quais são as atividades que não criam valor.

### 2.2.4 Princípios do *Lean Thinking*

*Lean* pode ser visto a partir de duas perspetivas diferentes: (1) prática ou (2) filosófica (Boyle, Scherrer-Rathje, & Stuart, 2011).

Sendo que a primeira perspetiva envolve o uso de ferramentas e metodologias que irão ser abordadas na próxima secção.

Já a perspetiva filosófica, intitula-se por *Lean Thinking* – pensamento *Lean* (J. P. Womack & Jones, 1997), engloba um conjunto de conceitos e princípios que permite simplificar o modo como a organização produz valor para as partes interessadas (J. P. Pinto, 2014).

#### Significado de valor:

Valor deve ser definido no ponto de vista dos clientes (Dennis, 2006). Plenert (2010) define valor como “A capacidade fornecida a um cliente no momento certo a um preço apropriado, conforme definido pelo cliente”.

Todavia, existem produtos/serviços que usufruímos gratuitamente, logo valor é mais do que compensação que se recebe do dinheiro dado a troca. Valor é tudo que justifica atenção, tempo e esforço (J. P. Pinto, 2014).

Numa empresa não são apenas os clientes que esperam receber valor, mas, também os colaboradores, os acionistas, os fornecedores e a sociedade em geral espera receber algo. O valor que é gerado nas organizações destina-se à satisfação de todas as partes interessadas – *stakeholders*. Segundo o filósofo Robert Edward Freeman (1984) as diferentes partes interessadas que podem estar associadas numa organização são as seguintes (Figura 9):



Figura 9 – *Stakeholders* de uma organização (adaptado de (Freeman, 1984))

### Os 5 princípios de Womack e Jones:

Womack e Jones identificaram cinco princípios da filosofia *Lean* (J. P. Womack & Jones, 1997), apresentados na seguinte ilustração (Figura 10).



Figura 10 – Os 5 princípios de Womack e Jones

#### □ **Definição de valor:**

Definir valor, segundo o pensamento *Lean*, consiste em identificar o que é valor, tendo sempre em conta a perspectiva do cliente. São os *stakeholders* que definem as atividades que criam valor, sendo assim, os objetivos do projeto de produção são identificados através dessa definição de valor.

#### □ **Identificação da cadeia de valor:**

É importante definir a cadeia de valor e o fluxo de valor. Na definição do fluxo de valor – sequência das atividades – deve-se eliminar as que criam desperdício e determinar quais são as ações necessárias, do ponto de vista do cliente, para criar um determinado produto ou serviço.

#### □ **Criação de um fluxo contínuo:**

Este princípio consiste na eliminação / diminuição de tempos de processamento, tais como, esperas e inventários. Tem como objetivo a otimização do fluxo, ou seja, permitir que os bens fluam continuamente dentro da cadeia de valor sem interrupções.

#### □ **Implementação de produção PULL:**

Womack e Jones (1997) definiram o sistema Pull como uma filosofia de produção que deveria fornecer o produto ou serviço na quantidade certa e no momento certo, ou seja quando o cliente precisa – o cliente “puxa” a produção.

Produzir segundo um sistema de produção *Pull* – sistema “puxado” – permite que as organizações reduzam desperdícios.

### □ **Busca da perfeição:**

Por último, e não menos importante, este princípio diz respeito à procura da melhoria contínua em todo o sistema produtivo com esforço constante em: (1) eliminar atividades que não sejam valorizadas; (2) aumentar o fluxo; e (3) cumprir as necessidades dos clientes, nomeadamente, os prazos de entrega (Mourtzis, Papathanasiou, & Fotia, 2016).

A busca da perfeição tem como finalidade a constante criação de valor e eliminação de desperdícios.

### 2.2.5 *Lean tools*

As organizações conseguem melhorar o seu desempenho e aumentar a produtividade, através da utilização de um conjunto de ferramentas associadas ao *Lean Thinking*. É importante ter em conta que a aplicação das ferramentas exige o empenho de toda a organização desde a gestão de topo até aos colaboradores.

A utilização de *Lean tools*, segundo os autores, é considerado uma solução simples, eficiente e de baixo custo para alcançar produtividade e rentabilidade, tendo sempre como foco a eliminação de desperdícios (Oliveira, Sá, & Fernandes, 2017).

Entre as diversas *Lean tools* temos:

### □ **Daily Kaizen**

Foi Masaaki Imai – fundador do Instituto *Kaizen* – que introduziu o *Kaizen* (palavra Japonesa que em português se traduz por Melhoria Contínua (Institute, 2018). A palavra *Kaizen* deriva de duas palavras diferentes (Figura 11):

$$\begin{array}{ccc}
 \text{改} & + & \text{善} & = & \text{KAIZEN} \\
 \text{KAI}(\text{mudar}) & & \text{ZEN}(\text{para melhor}) & & 
 \end{array}$$

Figura 11 – Palavra *KAIZEN* (Institute, 2018).

Como o próprio nome indica, a metodologia *Kaizen*, promove a melhoria contínua e tem como principais objetivos: promover a qualidade e a segurança do posto de trabalho; reduzir custos e *lead times*; e eliminar ou reduzir defeitos (Van Scyoc, 2008).

*Daily Kaizen* é uma ferramenta que visa desenvolver equipas através da realização de reuniões diárias para que estas se tornem mais autónomas e capazes de melhorar os processos e a área de trabalho (Dinis, 2016; Fornelos, 2016; Monteiro, Pacheco, Carvalho, & Paiva, 2015). Dias (2012) defende que esta ferramenta possibilita que toda a organização compreenda quais as atividades que acrescentam valor.

Cada departamento é constituído pela sua equipa, denominada por equipa natural pois trabalham no mesmo departamento/ área (Monteiro et al., 2015) e esta detém de um líder – pessoa responsável pelo desenvolvimento do trabalho nas suas equipas (Dinis, 2016).

Através das frequentes reuniões *Kaizen*, as equipas mantêm-se conectadas o que proporciona um maior e melhor nível de controlo e eficiência, e ainda através da análise de indicadores de desempenho, permitindo a melhoria contínua destes (Fornelos, 2016; Monteiro et al., 2015; Silva, 2012).

Esta ferramenta consiste num modelo de quatro níveis (Tabela 1), na qual se respeita uma determinada ordem: primeiramente deve se criar mecanismos de organização, (1) da equipa; como (2) do posto de trabalho; depois (3) implementar a normalização; e por último (4) focar-se na resolução de problemas (Félix, 2013; Fornelos, 2016). Na tabela seguinte, apresenta-se os objetivos de cada nível do modelo e como estes são implementados.

Tabela 1 – Níveis do Daily *Kaizen*

Nível	Objetivos:
1 Organização da equipa (Félix, 2013; Fornelos, 2016)	Garantir a existência de reuniões de equipa; Garantir que todos os colaboradores conheçam os indicadores da sua equipa e os discutam sugerindo formas de os melhorar; Desenvolver o espírito de equipa e de entreaajuda; Eliminar todos os desperdícios decorrentes de um mau planeamento do trabalho e de uma errada alocação de recursos.
2 Organização do posto de trabalho (Félix, 2013; Fornelos, 2016)	Como o próprio nome indica, nesta fase deve-se focar na obtenção de melhorias das condições de trabalho, fazendo uso da ferramenta 5S.
3 Normalização (Dinis, 2016; Fornelos, 2016)	Implementação de melhores práticas através da implementação de normas que permite que as tarefas sejam executadas da melhor forma e que a variabilidade dos processos diminua. Para a elaboração de normas, faz-se uso do ciclo SDCA, que está relacionado com a redução da variabilidade. Este ciclo permite a realização de tarefas standards: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Standard</b> – criação de standard</li> <li>▪ <b>Do</b> – aplicação de standard proposta</li> <li>▪ <b>Check</b> – verificação dos resultados</li> <li>▪ <b>Act</b> – proposta de standard, efetuada com sucesso.</li> </ul>
4 Resolução estruturada de problemas (Dinis, 2016; Félix, 2013; Fornelos, 2016)	Gestão da melhoria e resolução de problemas, cujo principal objetivo é melhorar os processos otimizando o fluxo de trabalho. Os colaboradores fazem uso do ciclo PDCA que está relacionado com a melhoria de processos: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Plan</b> – proposta da solução de melhora</li> <li>▪ <b>Do</b> – aplicação da solução de melhoria</li> <li>▪ <b>Check</b> – verificação dos resultados</li> <li>▪ <b>Act</b> – proposta da solução de melhoria, efetuada com sucesso.</li> </ul>

### □ **A3 Problem Solving**

O A3, como o próprio nome indica, trata-se de uma folha de papel com tamanho A3, desenvolvida pela Toyota Motor Corporation. Esta ferramenta possibilita a identificação do problema, determinando as causas e sugerindo soluções. (Mobley, Higgins, & Wikoff, 2008; M. Nunes, 2013)

Fazendo o uso desta ferramenta de forma eficiente, possibilita uma boa gestão de reuniões, favorecendo o trabalho em equipa na resolução de problemas, e permite ainda a identificação das responsabilidades por cada membro da equipa (J. K. Liker, 2004; J. Shook, 2008).

Este relatório é constituído por 7 secções, onde cada secção tem uma determinada função: (1) Estabelecer o contexto comercial e a importância de um problema ou problema relevante; (2) Descrever as condições do problema; (3) Identificar resultado desejado; (4) Analisar a situação para estabelecer a causalidade; (5) Propor contramedidas; (6) Prescrever um plano de ação; e (7) Mapear o processo de acompanhamento (J. Shook, 2009). De seguida é apresentado um exemplo de uma folha A3 (Figura 12).

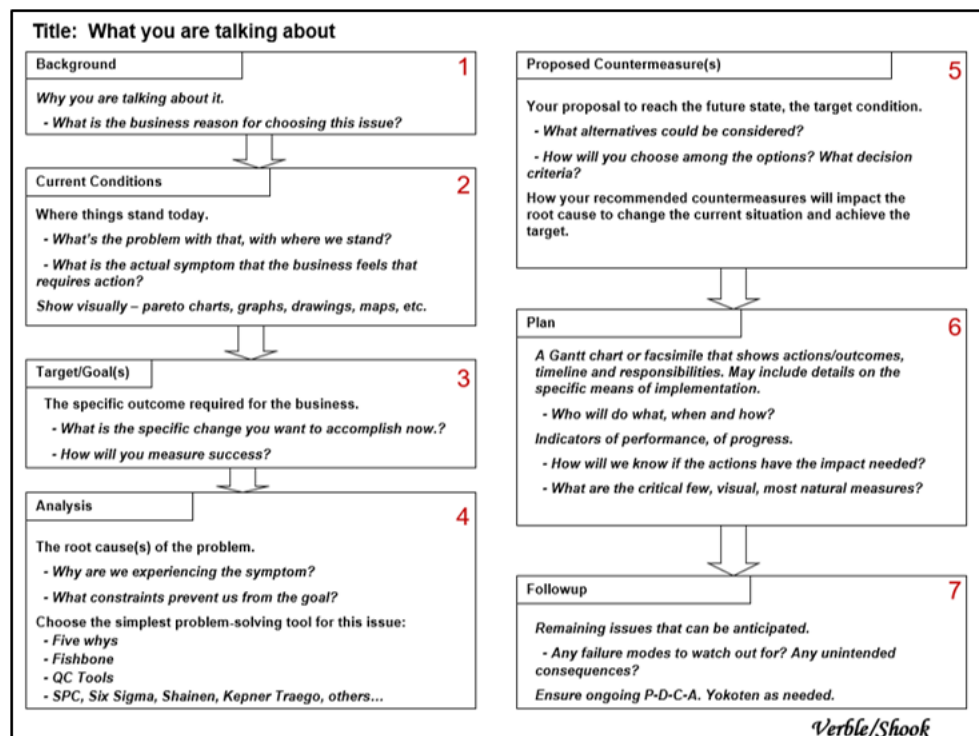


Figura 12 – Template do relatório A3 (V. Shook, 2018)

### □ **Visual Management**

*Visual Management* é uma ferramenta importante do *Lean*, pois permite a indicação do desempenho atual; possibilita uma visualização fácil, rápida e clara do estado e condições dos processos produtivos; melhora o desempenho da organização, através da identificação do próximo problema que se deve resolver; e permite ainda, prever, planejar, controlar e otimizar os fluxos das tarefas (Bateman, Philp, & Warrender, 2016; Steenkamp, Hagedorn-Hansen, & Oosthuizen, 2017; Verbano, Crema, & Nicosia, 2017). Esta ferramenta permite que as informações estejam disponíveis para todos, de igual modo, e coopera para uma maior autonomia dos operadores e redução de erros, resultando numa melhoria do ambiente de trabalho (França, 2013).

*Visual Management* é uma técnica de comunicação que permite que os postos de trabalho sejam mais simples e intuitivos; auxilia na gestão dos processos; informa o estado real do *Gemba*; e ainda sinaliza as atividades em curso, informações de segurança ou qualidade o que permite a prevenção e identificação de irregularidades (Cruz, 2013; Daniel, 2017).

Existem diversos tipos de controlos visuais, como: Quadros sombra; Áreas de marcação no *Gemba*; Quadros que indicam o trabalho em processo para que se conheça os materiais e informações em espera entre os processos; Quadros com indicadores dos resultados para comparação dos atuais com os esperados; utilização de cores e símbolos diferentes; Sistema de gestão de alertas para transmitir em tempo real qualquer problema (Bateman et al., 2016; França, 2013; Verbano et al., 2017).

O uso da gestão visual nas organizações permite compreender a situação atual, gerir e controlar os processos de forma mais eficiente e controlada (Verbano et al., 2017).

### □ **Yokoten**

A Toyota introduziu o sistema *Yokoten* que consiste em realizar relatórios concisos sobre os processos bem-sucedidos de solução de problemas implementados nas diversas fábricas da Toyota (Demeter, Szász, & Rácz, 2016; Marksberry, Gregory, & Kreaflé, 2010). *Yokoten* é uma palavra japonesa que se traduz na “partilha da melhor prática” (Baykut, 2011).

O sistema *Yokoten* foi criado pela Toyota Motor Corporation que pretende que toda a organização possua informação e conhecimento de forma horizontal de informação (Baykut, 2011). Liker e Hoseus (2008) definem *Yokoten* como a partilha e propagação das melhores práticas (Jones, Latham, & Betta, 2013).

No TPS, o sistema *Yokoten* não tem como objetivo copiar, mas sim melhorar o que foi visto (Ikonen, 2011). Numa organização, como a Toyota por exemplo, que possui várias unidades industriais em todo o grupo, a ferramenta *Yokoten* ajuda a garantir que todas essas unidades industriais possuam o melhor desempenho do grupo (Baykut, 2011; Melton, 2005).

Marksberry (2010) refere que a documentação e a normalização das experiências bem-sucedidas são cruciais para o sucesso do *Yokoten* (Machikita, Tsuji, & Ueki, 2016). A prática do *yokoten*, partilha de conhecimentos entre a organização, possibilita que as pessoas de diversos departamentos saibam enfrentar os problemas de forma mais

eficiente, tendo como principal foco a cultura organizacional dispersando conhecimento e soluções para eventuais problemas (Campos, Cardoso, & Fluminense, 2017; Howell, 2014).

#### □ **Gemba Walk**

*Gemba*, palavra japonesa que representa o lugar onde as atividades realmente acontecem. Este termo está relacionado com outro termo japonês – *Genchi Genbutsu* (Ikonen, 2011). Uma filosofia que nos lembra de sair dos escritórios e passar mais tempo no chão de fábrica – o lugar onde acontece as ações.

O *Gemba Walk* permite conhecer a realidade das organizações, através da observação em primeira mão e da envolvimento com os colaboradores que executam os processos, permitindo identificar de forma mais eficiente o que pode ser melhorado (T. Dias, 2012; Dinis, 2016).

Esta ferramenta é essencial para sustentar o *Lean* nas organizações, para tal, é importante que a responsabilidade dos gestores comece por despendendo tempo no lugar onde as ações acontecem com as pessoas (Hines et al., 2011; Ikonen, 2011).

Ron, diretor da Cogent Power no Canadá, permanecia diariamente mais de 50% do tempo no *Gemba*, o que lhe permitiu estabelecer fortes relações com os seus colaboradores, ganhando confiança e reputação como líder (Hines et al., 2011).

O princípio *Genchi Genbutsu*, que tem como tradução do japonês “*Go to the root, go to the origin*”, permite procurar as causas reais dos problemas através da análise dos acontecimentos diários (Audenino, 2012; Marksberry et al., 2010). O uso deste princípio na Toyota tinha como propósito impulsionar aos engenheiros e gestores da organização a ir ver por si mesmos como é que o trabalho se desenvolvia e quais eram os principais problemas (Ikonen, 2011; J. K. Liker & Morgan, 2006).

#### □ **Obeya Room**

“*Obeya*” é um termo japonês para “*large room*” que representa um espaço onde se geram projetos através da comunicação e de tomada de decisões entre todos os envolvidos (Terenghi, Cassina, Kristensen, & Terzi, 2014).

Esta ferramenta teve origem no projeto G21 – projeto da geração do Prius – na Toyota em 1990 – onde permitia que todos os membros líderes do projeto estivessem presentes; ainda que os documentos e dados estejam disponíveis para todos de forma igual, de forma que todos compartilhem informações do projeto de forma a que todos se possam ajudar uns aos outros, ajudando assim a equipa (Aasland & Blankenburg, 2012; Lermen, Echeveste, Peralta, Sonogo, & Marcon, 2018; J. K. Liker & Morgan, 2006).

O uso desta ferramenta permite que as equipas do projeto compartilhem, comuniquem e tomem decisões rápidas; na resolução de problemas, todos os membros oferecem soluções para que estas sejam implementadas de forma consciente e eficiente (Audenino, 2012).

Na *Obeya Room*, também designado por sala de guerra, realizam-se reuniões diárias, e faz-se uso da gestão visual para exibição de gráficos de tendências, cronogramas,

problemas e contramedidas e ainda de outras informações que expõem o estado do projeto (Lermen et al., 2018; J. K. Liker & Morgan, 2006).

#### □ **Spaghetti Diagram**

*Spaghetti Diagram* é um mapa (ou gráfico) que representa à escala as deslocações dos operadores ou materiais ao longo da cadeia de valor, permitindo conhecer a distância percorrida (Amorim, 2014; Baykut, 2011; Ferreira, 2014).

Esta ferramenta permite de forma rápida e fácil rastrear distâncias percorridas no *Gemba* por materiais e/ou pessoas; possibilita a identificação de vários problemas associados ao fluxo; e tem como principal objetivo reduzir essa distância, de forma a otimizar processos e o desempenho da organização (Gremlin, 2016; Pires, 2016).

O uso desta ferramenta permite analisar o fluxo real dos processos produtivos e ainda, evidenciar: aspetos críticos no *layout* do *Gemba*; posicionamentos inadequados de ferramentas e/ou equipamentos; movimentos desnecessários das pessoas nos postos de trabalho; e paragens (Di Pietro, Guglielmetti Mugion, Mattia, Renzi, & Toni, 2015).

#### □ **5 Why's**

Taiichi Ohno, a fim de encontrar a causa raiz de um problema, recorria a interrogações sucessivas (cinco vezes “*Why?*”), de forma a resolver a principal causa (Baykut, 2011; Melton, 2005). Esta ferramenta permite compreender a natureza do problema, através da identificação das causas, para posteriormente se desenvolver e implementar contramedidas e soluções adequadas (Braglia, Frosolini, & Gallo, 2017). No entanto, é necessário ter em atenção a aplicação deste método, pois podemos confundir uma causa raiz com um fator esporádico, sendo que este último contribui para o problema e não necessariamente para a sua causa (Braglia et al., 2017).

Uma vez definido e documentado o problema, deve-se tentar descobrir as causas, através de interrogações, contudo o número de vezes pode ser variável dependendo das circunstâncias, pois algumas situações exigem menos e outras exigem mais do que cinco perguntas (Chen, Li, & Shady, 2010; Freitag, 2015; Vaanila, 2015). Cada resposta às questões é analisada após se verificar se esta está realmente a afetar a causa raiz (Nagi & Altarazi, 2017).

Esta técnica de solução de problemas é vulgarmente usada para análise da causa raiz e permite analisar relações de causa e efeito; contudo tem algumas limitações: requer conhecimento adequado do sistema em estudo e do efeito a investigar e supõe que o efeito tem apenas uma causa (Braglia et al., 2017; Hines et al., 2011; Karakhan, 2017). É importante referir que as interrogações a fazer devem ser “porquê?”, e não “o quê?” ou “quem?” (Karakhan, 2017).

#### □ **One Point Lesson**

Nas organizações deve existir técnicas de formação para os operadores, para tal estas podem recorrer a normas visuais para ajudar a uma melhor compreensão e transmissão dos processos, como por exemplo a ferramenta *One Point Lesson* (OPL) que significa norma visual passo a passo (Quadros, 2014; Quelhas, 2010).

Por ser uma ferramenta visual e por ser uma explicação, passo a passo, de uma determinada tarefa, permite que aquando da realização dessa tarefa o colaborador saiba executá-la da maneira correta (Félix, 2013; Garcia, 2014; E. Pinto, 2015).

Por norma, este tipo de documento contém linguagem simples, de rápida leitura, recorre a diagramas, ilustrações e imagens e deve compreender apenas informação que seja necessária (Garcia, 2014; Quelhas, 2010).

O objetivo da norma OPL é obter uma rápida aprendizagem, através de uma visão pontual da estrutura do equipamento, função ou método a utilizar; e ainda proporciona a partilha de conhecimento pois demonstra as melhores formas de trabalho de forma prática, direta e dinâmica (Henry Nieminen, 2016; Quadros, 2014).

### □ 5S

A prática do conceito de 5S, surgiu no Japão, nas décadas de 50 a 60, e tem como objetivo a procura da redução de desperdício e a melhoria do desempenho, criando condições ótimas nos locais de trabalho (Courtois, Pillet, & Martin-Bonnefous, 2007; J. P. Pinto, 2014).

O conceito de 5S é uma ferramenta da casa TPS, em que cada um dos “S” representa as iniciais de cinco palavras japonesas, apresentadas na seguinte imagem (Figura 13) (fonte das imagens: (Products, 2018)).

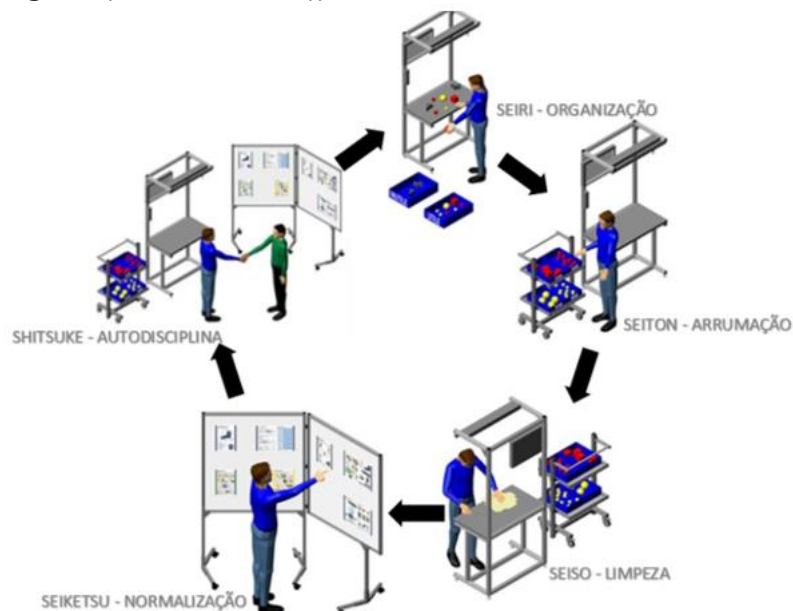


Figura 13 – Os 5S's (Products, 2018)

A implementação dos 5S é constituída por duas fases distintas: (1) aplicar os 3 primeiros S's – arrumar, ordenar e limpar; (2) manter as melhorias atingidas na primeira fase, promovendo a disciplina (Courtois et al., 2007; J. P. Pinto, 2014).

#### ▪ **Seiri – palavra japonesa que significa organização:**

Organizar é o primeiro passo a realizar, ou seja, deve-se fazer uma triagem do que é realmente necessário em cada posto de trabalho.

- ***Seiton – palavra japonesa que significa arrumação:***

Nesta segunda etapa, procura-se organizar o posto de trabalho, alocando as ferramentas e os materiais nos respectivos lugares, com o objetivo de torná-lo o mais funcional possível.

Devem ser estabelecidas regras de arrumação para tornar mais eficiente a procura dos objetos: identificando-os, definindo um local para cada um e colocando à mão o que é mais utilizado.

Por norma, separam-se os materiais ou ferramentas em três níveis: (1) uso diário – os que devem ser mantidos perto do colaborador; (2) uso semanal ou mensal; e (3) uso muito raro.

- ***Seiso – palavra japonesa que significa limpeza:***

O terceiro passo na implementação desta metodologia é criar rotinas de limpeza no posto de trabalho, porque estas permitem verificar visualmente o estado de funcionamento das máquinas. Esta etapa é realizada em paralelo com as duas etapas anteriores (Seiri, Seiton), permitindo encontrar com maior facilidade e rapidez anomalias que possam existir.

- ***Seiketsu – palavra japonesa que significa normalização:***

A quarta etapa da campanha 5S passa por promover o asseio e organização no posto de trabalho. Após se ter alcançado melhorias na organização, esta aplicação da ferramenta de 5S deve ser interiorizada por todos os colaboradores, para que todas as fases postas em prática anteriormente se tornem um hábito. Deve-se criar regras e rotinas de limpeza com as pessoas que trabalham no posto de trabalho porque a sua colaboração facilita a sua aplicação e o cumprimento.

- ***Shitsuke – palavra japonesa que significa autodisciplina:***

A quinta e última etapa consiste em criar hábitos de controlo das regras e das rotinas implementadas nas fases anteriores. A autodisciplina assenta em processos de autoavaliação, tendo sempre em conta o espírito de equipa.

- ***Jidoka***

O termo *Jidoka*, impulsionado por Sakichi, em português significa “automação com um toque humano”, baseia-se em detetar os defeitos nos equipamentos, através de métodos que permitem às máquinas a autorregulação e controlo da qualidade (Audenino, 2012).

*Jidoka* tem como principal objetivo a não ocorrência de nenhum produto com má qualidade (Wilson, 2010).

Segundo Shingo (1989), a automação é um dos principais meios para obter reduções nos custos de mão-de-obra.

Uma vez que o operador não necessita de estar em constante supervisão do equipamento porque o equipamento deteta os defeitos automaticamente, este torna-

se mais produtivo, podendo estar a trabalhar em mais do que uma máquina em simultâneo.

Na figura seguinte (Figura 14) verifica-se a evolução temporal até se atingir o conceito de automação (*Lean Enterprise Institute, n.d.*). A primeira (imagem à esquerda), o operador abastece e controla a máquina; na imagem central, a tarefa do operador é de controlar a máquina; e por último, na imagem à direita, recorre à ferramenta *Just-In-time*, onde existe controlo e automação automática, e ainda faz uso de mecanismos *Andon* para sinalizar e indicar qualquer problema que aconteça.

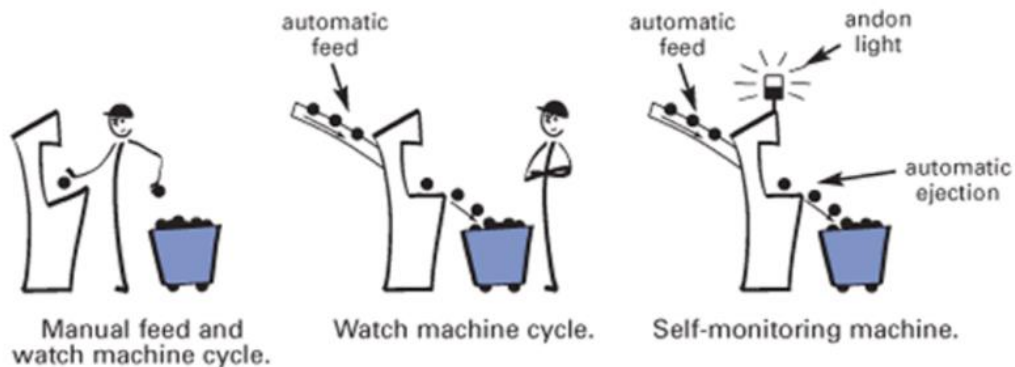


Figura 14 – A evolução até ao conceito *Jidoka* (Fonte: (*Lean Enterprise Institute, n.d.*))

#### □ Andon

A implementação de um sistema *Andon* (Figura 15) – quadro indicador de paragem da linha – é uma ferramenta de ajuda visual que permite auxiliar o controlo da produção, bem como melhorar a comunicação dos problemas responsáveis (Ohno, 1988).

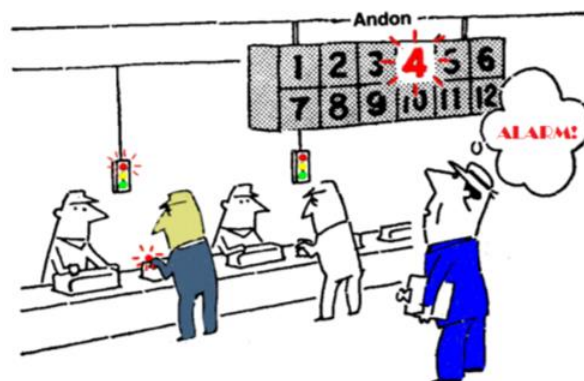


Figura 15 – Sistema Andon (Fonte: (Automation, 2008))

#### □ Heijunka

Nivelamento da produção, que o termo em japonês é denominado por *Heijunka*, é uma ferramenta que faz a distribuição do volume de produção e faz a fusão entre os diversos tipos de produtos uniformemente (Dennis, 2006).

*Heijunka* significa nivelar a produção (J. K. Liker & Meier, 2006) e permite eliminar a carga de trabalho, *Mura*, ou seja, possibilita nivelar os volumes de produção obtendo um fluxo contínuo, harmónico e eficiente. Os processos são pensados, balanceados, para que seja possível uma mudança rápida de produtos para se produzir nas quantidades essenciais (Coleman & Vaghefi, 1994; J. P. Pinto, 2014).

O objetivo do *Heijunka* não é apenas nivelar o volume de produção, mas também nivelar vários tipos de produtos usando a mesma sequência de produtos para cada ciclo de produção (Matzka, Di Mascolo, & Furmans, 2012).

*Heijunka* ajuda a trazer estabilidade a um processo produtivo, convertendo a procura desigual dos clientes num processo de fabrico uniforme e previsível (Grimaud, Dolgui, & Korytkowski, 2014).

Esta ferramenta permite produzir de forma sincronizada com a procura, diminuindo o tamanho dos lotes de produção, e por consequência os *stocks* em excesso (Muri). Esta ferramenta aumenta a variabilidade dos produtos produzidos proporcionando ao cliente o que quiser quando quiser e mantendo o fluxo de valor no sistema a um ritmo constante (J. P. Pinto, 2014).

A produção nivelada permite produzir uma certa quantidade de vários produtos todos os dias, em vez de se produzirem grandes lotes de um produto e armazená-lo até que seja vendido.

Os objetivos do *Heijunka* são: Reduzir os níveis de *stock*; adequar o ritmo da produção à instabilidade do mercado; melhorar a qualidade do produto final; produzir em pequenos lotes e minimizar os inventários.

#### □ **Milkrun**

Mizusumashi (termo japonês para comboio logístico) é uma ferramenta *Lean* que se define por “rota programada para transporte de material” (Hugos, 2003; Raposo, Pereira, & Dias, 2009), proporcionando um abastecimento de materiais rápido, flexível e eficiente (Fonseca, 2014).

Nos Estados Unidos, no trabalho de venda de leite, foi aplicado este conceito com o nome de *milkrun*, onde consistia no trabalho do leiteiro que passava por definir rotas de entrega de leite, deixando as garrafas cheias e recolhendo as vazias (Gomes, 2012; Sadjadi, Jafari, & Amini, 2009).

Em ciclos de tempo pré-determinados, e seguindo circuitos pré-definidos, o comboio logístico abastece as linhas de produção, recolhendo os materiais que serão necessários e entregando os que estão em falta (E. Coimbra, 2009; Teixeira, 2014), sustentando-se num princípio de “caixa vazia, caixa cheia” (Gomes, 2012).

Ferramenta *milkrun* num sistema de produção requer a utilização de *kanbans* – cartões físicos usados para sinalizar quando um processo posterior requer mais material, funcionando como uma ordem de reabastecimento para o processo a montante (E. Coimbra, 2009; Raposo et al., 2009).

A implementação desta ferramenta tem algumas vantagens, tais como: redução no custo de transporte, redução da poluição emitida através da diminuição do número de camiões na estrada (Nemoto, Hayashi, & Hashimoto, 2010), melhoria de operações e processos de produção, uma vez que a inserção dos materiais na linha de produção torna-se mais acessível (Nemoto et al., 2010; Sadjadi et al., 2009; Teixeira, 2014).

### □ **Kanban**

Normalmente as organizações estabelecem o planeamento da produção através de ordens de produção, fazendo uso do *Kanban* (Ohno, 1988).

Perante a necessidade de interligar os processos através de um sinal claro do que é preciso e em que quantidade, nasceu a ferramenta *Kanban*, criada por Ohno – um cartão que circula entre os processos e garante um controlo eficaz da produção.

A ideia de Ohno baseia-se em supermercados, ou seja, consiste na existência de um supermercado no início do processo, à qual a etapa seguinte “retira” do supermercado o que necessitar, e através do *Kanban* é repostado na mesma quantidade (Holweg, 2007).

O sistema de *kanbans* é uma ferramenta para a estratégia de JIT uma vez que melhora a produtividade e reduz o desperdício. Este sistema controla a produção, isto é, solicita a produção só quando existe procura, indicando quando um produto é necessário e qual a quantidade (sistema Pull).

Existem dois tipos de *kanbans*: (1) *kanban* de transferência – avisa a necessidade de uma certa quantidade de peças a um ponto abastecedor; e (2) *kanban* de produção – sinaliza a produção consumida no processo seguinte (Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa, 1977).

### □ **SMED**

SMED, cuja sigla significa “*Single Minute Exchange of Dies*” – em português, troca rápida de ferramentas – é definida como um conjunto de “métodos que levam à rápida mudança da ferramenta (*Setups*)” (J. P. Pinto, 2014).

Shingo (1989) desenvolveu esta ferramenta com objetivo de executar operações de setup num número de minutos expresso num só dígito. Essas operações de setup são constituídas por atividades de mudança, ajuste e preparação do equipamento para fabrico de um novo produto ou mudança de ferramentas (J. P. Pinto, 2014).

### □ **VSM**

O mapeamento da Cadeia de Valor, mais conhecido por VSM – *Value Stream Mapping* – é uma das *Lean tools* e foi introduzida por John Shook e Mike Rother (Rother & Shook, 1999). Esta ferramenta representa toda a cadeia de valor da organização desde a especificação do produto até ao cliente final, permitindo distinguir as atividades que acrescentam valor no sistema de produção (Rother & Shook, 1999).

Através do VSM é possível identificar as atividades que não acrescentam valor para posteriormente eliminá-las (Ikatinasari & Haryanto, 2014). É importante referir que esta ferramenta apenas nos permite identificar alguns desperdícios. Para tal, têm surgido outras ferramentas para ajudar e colmatar, na identificação de todos os desperdícios, como por exemplo a ferramenta WID que como já foi referida acima possibilita a identificação de forma simples e clara os desperdícios existentes ao longo do fluxo produtivo (J. Carlos Sá et al., 2011).

### □ **Standard Work**

O Engenheiro Frederick Winslow Taylor foi o grande impulsionador do Trabalho Padronizado – *Standard Work* – onde defende que há sempre uma melhor maneira de realizar uma tarefa, no momento certo, com as pessoas certas (Montgomery, 2001).

O *Standard Work* permite que os processos sejam concluídos de maneira consistente, oportuna e repetitiva para eliminar a variabilidade e simultaneamente melhorar o rendimento do posto de trabalho (Lu & Yang, 2015). É uma ferramenta *Lean* que documenta a sequência de produção do operador, os movimentos do operador e o trabalho do equipamento (Miltenburg, 2007).

Esta ferramenta baseia-se na padronização de processos e/ou tarefas, de forma a permitir a redução de desperdício (J. P. Pinto, 2014). A uniformização dos processos remete à implementação da ideia de que as tarefas deverão ser realizadas de forma igual para o mesmo posto de trabalho. A implementação do *Standard Work* é constituída por: (1) realização de uma sequência de produção; (2) definição do Takt time; e (3) definição do *Work-In-Progress* (WIP).

Na sequência da produção deve-se identificar a melhor ordem pela qual devem ser efetuadas as diversas operações que conduzem à realização de uma tarefa [3]. O *Takt time* corresponde à taxa de procura do cliente, ou seja, o intervalo de tempo na qual os produtos devem ser realizados num processo para atender à procura do cliente (Emiliani, 2013). O WIP representa a quantidade de produtos em curso de fabrico, que existe necessariamente na maioria dos processos de fabrico. Em sistemas de manufatura com balanceamento de linha inadequado, o tamanho e a localização do WIP mudam dinamicamente devido ao ritmo variável dos postos de trabalho e da oferta e procura externas. Para evitar a existência de um elevado WIP pode-se usar alguns métodos/ferramentas, como por exemplo um bom balanceamento das linhas de produção, um sistema de envio adequado, como o MRP (planeamento de necessidades de material) e um sistema de produção pull como *Kanban* (H. Lee & Seo, 2016).

### □ **Poka-Yoke**

Shigeo Shingo em 1961 (Shingo, 1989), criou o sistema *Poka-Yoke* (Figura 16), que consiste num mecanismo que impede a ocorrência do erro e que facilita a sua deteção. O termo *Poka-Yoke*, é um termo japonês que significa “*inadvertent error prevention*”, em português quer dizer “prevenção de erros inadvertidos”.

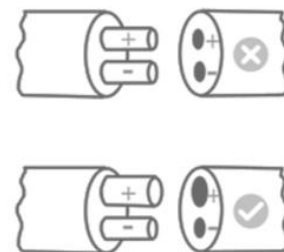


Figura 16 – Exemplo de Poka-Yoke (fonte: (“Poka-yoke exemplo,” n.d.))

### □ **TPM**

A Manutenção Produtiva Total – comumente designado por TPM (*Total Productive Maintenance*) – preocupa-se com a constante melhoria do estado dos equipamentos beneficiando do conhecimento dos operadores para realização de medidas preventivas necessárias ao bom funcionamento (Cabral, 2006).

TPM engloba a manutenção autónoma, planeada e preventiva de bens, tanto de máquinas, como de instalações (Oliveira et al., 2017). É um dos pilares da casa TPS, e permite aumentar a eficiência e a eficácia dos equipamentos e por conseguinte melhorar a gestão da produção (Oliveira et al., 2017). Esta ferramenta faz uso de um índice de eficiência global do equipamento, designado por OEE:

### OEE (Overall Equipment Effectiveness)

Este indicador, como o próprio nome indica, permite avaliar o desempenho dos equipamentos (Nakajima, 1988). O OEE é calculado através de 3 parâmetros: (1) Disponibilidade; (2) Eficiência; e (3) Qualidade. As principais origens de perdas de produção relacionadas com o equipamento são 3:

- Perdas causadas pelas paragens não planeadas;
- Perdas resultantes por o equipamento não funcionar à velocidade/cadência nominal;
- Perdas de produto que não cumprem as especificações.

De seguida, serão apresentadas as fórmulas de cálculo para se atingir o valor do OEE: a primeira equação (Equação 1) é a junção dos três parâmetros e a segunda equação (Equação 2) ilustra como se calcula os diferentes parâmetros.

Equação 1 – Cálculo OEE

$$OEE = Disponibilidade \times Eficiência \times Qualidade$$

Equação 2 – Cálculo dos 3 parâmetros do OEE

$$\left\{ \begin{array}{l} Disponibilidade = \frac{Tempo \text{ útil de produção}}{Tempo \text{ planeado de produção}} \\ Eficiência = \frac{Quantidade \text{ de produtos} \times Tempo \text{ ideal do posto de trabalho}}{Tempo \text{ útil de produção}} \\ Qualidade = \frac{Quantidade \text{ de produtos produzidos sem defeitos}}{Quantidade \text{ total de produtos produzidos}} \end{array} \right.$$

## 2.3 SEIS SIGMA

Nesta secção abordar-se-á os conceitos e os fundamentos defendidos pela Metodologia Seis Sigma, descrevendo: o que esta tem como definição e a sua origem; e o ciclo DMAIC.

### 2.3.1 Metodologia Seis Sigma

A metodologia Seis Sigma surgiu, nos anos de 1950 a 1970, com o trabalho do Professor e Estatístico William Edwards Deming (McCarty, Daniels, Bremer, & Gupta, 2004) e desde então, devido ao caso de sucesso de implementação na empresa

Motorola, em 1980, (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2000) esta metodologia tem vindo a ser implementada em inúmeras empresas tais como Ford, Allied Signal, Sony, Kodak, Texas Instruments e também em empresas portuguesas (Conceição & Major, 2011).

Em 1980, o Engenheiro William Bill Smith – considerado pai do Seis Sigma – aplicou os conceitos de Deming, na empresa Motorola, com objetivo de melhorar o desempenho, reduzindo os níveis de variabilidade (McCarty et al., 2004). A empresa com esta implementação, foi reconhecida através da obtenção do prémio de Qualidade – Malcon Baldrige Quality Award – conseguindo reduzir os defeitos e subseqüente reduzir os custos na ordem de 1,4 biliões de dólares (Leite, 2014; McCarty et al., 2004). Em 1996, John Frances Welch – presidente executivo da General Electric Company – propôs que se atingisse o nível Seis Sigma em todos os processos da empresa, conseguindo resultados célebres, numa redução de custos de 900 milhões de dólares em apenas dois anos (Barone & Franco, 2012; Leite, 2014).

Seis Sigma é definido como uma metodologia bem estruturada e sistemática, com objetivo de melhorar a performance dos processos, concentrando-se na redução da variabilidade e na redução da taxa de defeitos dos produtos, através de métodos estatísticos (K. L. Lee & Wei, 2010).

A filosofia do Seis Sigma tem como foco a não ocorrência de defeitos, para tal, é necessário que os processos se realizem dentro dos limites preestabelecidos e tem como estratégia de qualidade o foco no cliente (Lin, Chen, Wan, Chen, & Kuriger, 2013). Os objetivos do Seis Sigma são identificar e eliminar defeitos, bem como otimizar a produção e ainda identificar qualquer tipo de problemas que existam, permitindo assim, otimizar os processos de uma organização (Raghunath, 2014).

Segundo o autor Raghunath (2014), através do aumento da qualidade e eliminação / redução de defeitos, esta metodologia, é considerada uma estratégia de negocio que ajuda as organizações a melhorarem o seu desempenho e a aumentarem o lucro.

O desvio padrão – medida de dispersão em torno da média – é comumente representado pela letra grega  $\sigma$  (Sigma), que representa a variabilidade do processo (Montgomery, 2001).  $6\sigma$  corresponde a 3,4 Defeitos Por um Milhão de Oportunidades (DPMO), ou pode-se dizer também que corresponde a uma taxa de sucesso (nível de desempenho) de 99,9997% (Dedhia, 2005).

### 2.3.2 Metodologia DMAIC

A metodologia Seis Sigma faz uso do ciclo DMAIC para resolução de problemas de forma sistemática (F. J. P. Coimbra, 2017; Mason, Nicolay, & Darzi, 2015). O ciclo DMAIC, é uma evolução do ciclo de Deming – o ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*). A sigla DMAIC vem das 5 fases de implementação: *Define, Measure, Analyse, Improve e Control* (Dedhia, 2005), conforme ilustrado na figura seguinte (Figura 17).

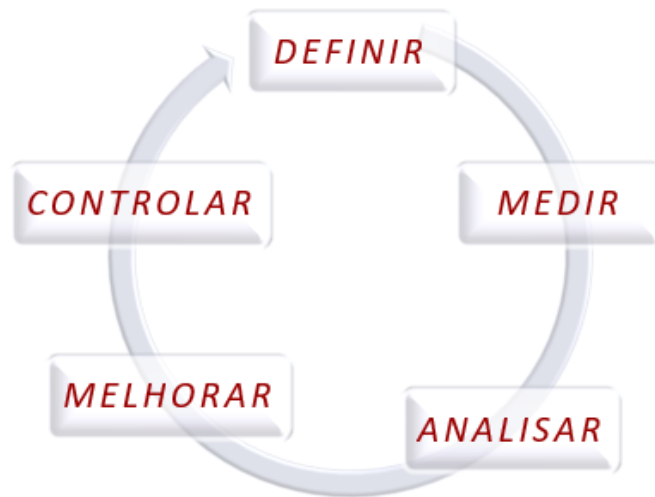


Figura 17 – Ciclo DMAIC

Este sistema permite identificar e eliminar os parâmetros que afetam a eficiência de um determinado processo (K.Srinivasan, S.Muthu, S.R.Devadasan, & C.Sugumaran, 2014).

Segundo Kwak e Anbari (2006), o ciclo DMAIC é um processo de *loop* fechado que elimina etapas improdutivas, focando-se frequentemente em novas medições e aplicando tecnologia para a melhoria contínua.

Para Lin (2013) esta metodologia permite melhorar continuamente a eficiência e a recuperação do conhecimento.

No âmbito do Seis Sigma, DMAIC permite a redução da variabilidade e segundo os autores possibilita na solução de problemas genéricos, tendo uma abordagem de melhoria contínua (McAdam & Lafferty, 2013). Chakravorty (2009) defende que para uma implementação eficaz e eficiente da metodologia Seis Sigma, é fundamental a utilização do ciclo DMAIC como ferramenta de melhoria de processos e resolução de problemas.

Para melhor compreender cada uma das etapas, segue-se a descrição de cada uma na seguinte tabela (Tabela 2):

Tabela 2 – Descrição das fases do DMAIC

Fases	Descrição do ciclo DMAIC:
	<p>Na Fase Definir, determina-se o foco do estudo (Rebelo, 2016), para tal define-se (F. J. P. Coimbra, 2017; Dedhia, 2005; Lavado, 2016; Lobo, 2017): Propósito do projeto, os objetivos e valor a atingir com o projeto; Limites do projeto; Inputs e outputs; Requisitos dos clientes; e Processo através do mapeamento do fluxo de negócio.</p> <p>Deve-se ainda identificar as pessoas que podem vir a contribuir para o projeto em questão (Dedhia, 2005).</p>
<b>Define</b>	<p>Kumar (2008) identifica seis atividades durante esta fase (Lavado, 2016):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identificar os clientes;</li> <li>▪ Identificar o que é importante para o cliente (voz dos clientes);</li> <li>▪ Identificar parâmetros críticos para a qualidade (CTQ – <i>Critical To Quality</i>);</li> <li>▪ Identificar problemas;</li> <li>▪ Identificar oportunidades de melhoria;</li> <li>▪ Definir metas para o projeto.</li> </ul>
<b>Measure</b>	<p>Nesta fase, a Fase Medir, faz-se a recolha dos dados necessários sobre o problema em questão, para posteriormente se medir o desempenho do processo (Dedhia, 2005; Fernando &amp; Evans, 2016; Lavado, 2016; Lobo, 2017; Rebelo, 2016).</p> <p>As medidas de desempenho mais utilizadas são (Lavado, 2016): Variabilidade no processo; Defeitos por milhão de oportunidades; Rendimento; probabilidade de operação sem falas; cycle time.</p>
<b>Analyse</b>	<p>A fase Analisar, como o próprio nome indica, analisa (F. J. P. Coimbra, 2017; Dedhia, 2005):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Causas raízes do problema e fontes de variação;</li> <li>▪ Variância entre o planeado e o obtido;</li> <li>▪ Efeitos de problemas / soluções;</li> <li>▪ Necessidade do cliente.</li> </ul> <p>Nesta fase, faz-se a identificação dos fatores críticos para o sucesso e quais os passos necessários para atingir o planeado (Lobo, 2017).</p>
<b>Improve</b>	<p>Identificadas as causas raiz, é nesta fase, a Fase Melhorar, que se desenvolve soluções para o problema, conquistando melhorias no processo, aplicando um conjunto de ferramentas para eliminar os defeitos e acelerar os processos (Dedhia, 2005; Lobo, 2017).</p> <p>As atividades realizadas nesta fase são (Lavado, 2016):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gerar ideias para resolver o problema;</li> <li>▪ Selecionar as melhores ideias;</li> <li>▪ Testar soluções usando protótipo;</li> </ul> <p>Implementar a solução.</p>

Concluídas as ações corretivas – na Fase Controlar, deve-se ter um compromisso com ações de monitorização e melhoria, desenvolvendo estratégias de controlo (Dedhia, 2005).

De acordo com Kumar (2008), as melhorias são internalizadas e institucionalizadas através de vários controlos (Lavado, 2016).

**Control** O objetivo desta fase é garantir que a melhoria não desapareça com o tempo, documentando toda a informação das mudanças dos processos e através de medidas de controlo garantindo que os defeitos não ocorram novamente (Lavado, 2016).

Neste última fase, deve-se controlar: Medidas de sustentabilidade; Medidas adicionais; Lições aprendidas; Novo ciclo DMAIC; Monitorizar ações, efeitos, consistência do planeamento; Garantir o bom funcionamento (F. J. P. Coimbra, 2017).

## 2.4 LEAN SEIS SIGMA - LSS

Nesta secção abordar-se-á os conceitos e os fundamentos defendidos por *Lean Seis Sigma*, descrevendo: o que esta tem como definição e a sua origem e por fim apresenta-se uma integração entre as *Lean Tools* e o ciclo DMAIC.

### 2.4.1 LEAN SEIS SIGMA

Como o próprio nome indica, *Lean Seis Sigma* (LSS), é uma metodologia de melhoria de processos que combina ferramentas e métodos de *Lean* e de *Seis Sigma*.

Os principais objetivos tanto no *Seis Sigma* como no *Lean* são análogos, que são o foco na procura e na implementação de melhores processos (Snee, 2010). A figura seguinte (Figura 18) apresenta os objetivos da integração de *Lean Seis Sigma* (Drohomeretski, Gouvea Da Costa, Pinheiro De Lima, & Garbuio, 2014).

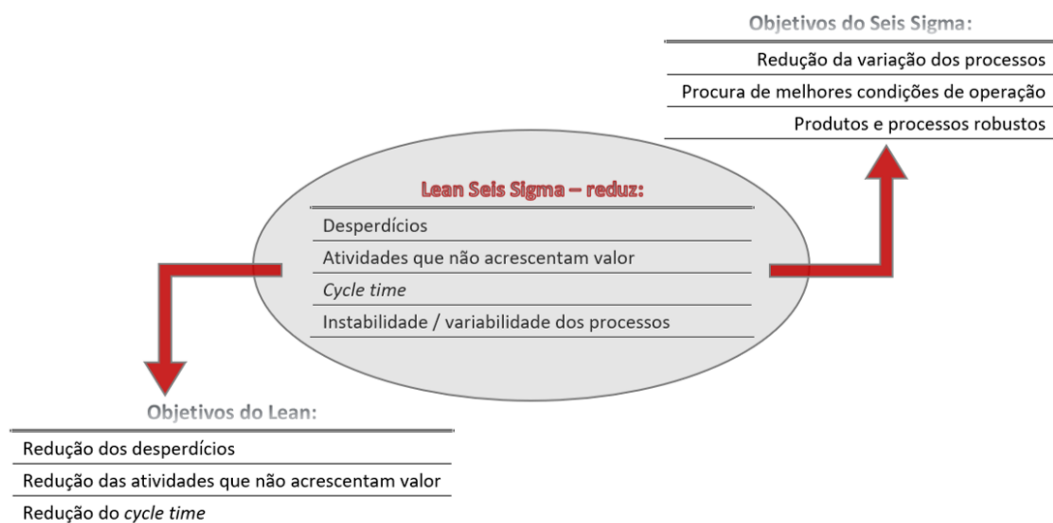


Figura 18 – Objetivos da integração de *Lean Seis Sigma* (adaptado de (Drohomeretski et al., 2014; Snee, 2010))

Tendo em conta que os dois conceitos permitem uma melhor eficiência da capacidade de produção e reduzem os desperdícios, estes em conjunto podem se complementar (I. L. Nunes, 2015). Sendo assim, as organizações ao utilizarem estas metodologias em simultâneo conseguem tornar-se mais competitivas e apresentar uma melhor alternativa ao mercado.

Estas ferramentas diferenciam-se essencialmente no modo como atuam sobre os desperdícios, embora ambas contribuam para um melhor desempenho dos processos de produção (Arnheiter & Maleyeff, 2005). A metodologia *Lean* foca-se na redução dos desperdícios das atividades que não acrescentem valor, enquanto que a metodologia Seis Sigma reduz os desperdícios das variabilidades (erros) que ocorrem nos processos (F. J. P. Coimbra, 2017; Drohomerski et al., 2014; Lobo, 2017).

A ferramenta Seis Sigma, ao contrário do *Lean*, permite a resolução de problemas através de métodos estatísticos, no entanto a mesma não consegue manter uma eficiência de produção contínua (Conceição & Major, 2011; P. Dias, 2009).

Estas duas metodologias, embora separadas apresentam limitações quando combinadas possibilitam uma melhoria de eficiência contínua (Sin, Zailani, Iranmanesh, & Ramayah, 2015). Sendo necessário a utilização do ciclo DMAIC como suporte, pois, esta permite a melhoria dos processos sem a necessidade de reengenharia (Lobo, 2017; I. L. Nunes, 2015; Rebelo, 2016).

A combinação das duas metodologias permite eliminar o desperdício, melhorar a qualidade, reduzir a variabilidade, e desta forma apresentar uma opção competitiva para o cliente (Cheng & Chang, 2012; Lopes, 2014).

#### 2.4.2 Integração entre as *Lean Tools* e a metodologia DMAIC do Seis Sigma

O LSS é uma metodologia de melhoria de negócios que maximiza o valor para o acionista, alcançando uma taxa mais rápida de melhoria na satisfação do cliente, custo, qualidade, velocidade do processo e capital investido (Wang & Chen, 2012).

Utilizando a abordagem LSS, é possível o aumento e melhoria da produtividade (Tyng, 2013). O LSS é uma metodologia de melhoria de processos que combina ferramentas e métodos de *Lean* e de Seis Sigma, como o próprio nome indica (Tyng, 2013).

Ronald (2010) descreve o LSS como uma metodologia bem estruturada com o objetivo de melhorar o desempenho, a satisfação do cliente e os resultados finais, enquanto o *Lean* se concentra na velocidade e no fluxo, o Seis Sigma concentra-se na qualidade (defeitos e variações no processo) (Tyng, 2013).

Recentemente, a maioria das organizações recorrem à metodologia LSS para conseguirem alcançar excelência operacional, por esta ser um método de mudança e melhoria organizacional, especialmente no que diz respeito à redução de custos de forma eficaz (Sreedharan, Raju, Rajkanth, & Nagaraj, 2018). Contudo, a implementação desta metodologia carece de uma compreensão clara e antecipada das diversas *Lean tools* (Sreedharan et al., 2018).

O ciclo DMAIC é uma metodologia disciplinada e bem estruturada usada não somente para localizar as causas dos defeitos dentro de um sistema de produção, mas também

eliminá-las (Karakhan, 2017). No trabalho de Nagi e Altarazi (2017) é apresentado a implementação do ciclo DMAIC do Seis Sigma através de técnicas e *Lean tools*, a fim de melhorar a qualidade de um processo de fabrico.

Cada uma das fases do ciclo DMAIC são importantes, e cada fase consiste num conjunto de ferramentas e técnicas que fornecem uma abordagem comum e estruturada para resolver um problema (Sin et al., 2015).

De seguida é apresentado uma tabela (Tabela 3) com diversas ferramentas que são aplicadas nas diferentes fases do DMAIC (Lavado, 2016; Nagi & Altarazi, 2017; Rocha, 2015):

Tabela 3 – Ferramentas aplicadas no DMAIC

Fase	Ferramentas
<b>Define</b>	Análise de NC's; Pareto; diagrama de afinidade/inter-relação; implantação da qualidade; SIPOC; <i>project charter</i> ; VSM; 5W2H.
<b>Measure</b>	Ishikawa; Cartas de controlo; Plano de recolha de dados; Pareto; histograma; Gage R&R; capacidade do processo.
<b>Analyse</b>	5 porquês; FMEA; diagrama de causa e efeito; gráfico de dispersão; matriz de prioridades; histograma; Pareto; correlação; teste de hipóteses.
<b>Improve</b>	Fluxograma; diagrama de árvore; FMEA; brainstorming; simulação plano de implementação; Cartas de controlo; melhoria da qualidade do fornecedor; VSM.
<b>Control</b>	Análise de NC's; cartas de controlo; análise capacidade do processo; <i>Lead Time</i> ; Poka-yoke; Pareto; plano de controlo; reuniões; documentação.



# DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA

## **3.1 A METODOLOGIA DMAIC COM AS *LEAN TOOLS* - *ILEANDMAIC***

3.1.1 ENQUADRAMENTO DA CONCEÇÃO DA METODOLOGIA

3.1.2 APRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA *ILEANDMAIC*

## **3.2 IMPLEMENTAÇÃO – CASO DE ESTUDO**

3.2.1 IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA NA RUBETE

3.2.2. IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA NA EMPRESA X

## **3.3. ANÁLISE E VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA ILEANDMAIC**



### 3 DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA

#### 3.1 A metodologia DMAIC com as *Lean tools* - *iLeanDMAIC*

Este capítulo iniciar-se-á com o enquadramento da metodologia *iLeanDMAIC* e seguidamente apresenta-se o *design overview* da metodologia, detalhando cada uma das fases dessa metodologia.

##### 3.1.1 Enquadramento da conceção da metodologia

De acordo com a revisão bibliográfica verificou-se uma necessidade de definir uma metodologia clara que consiga resolver os problemas nas organizações, de forma a reduzir os desperdícios e tornar a organização mais eficiente e competitiva. Sendo assim, levanta-se uma questão:

***“É possível definir uma metodologia que defina uma determinada sequência lógica das *Lean tools*, por forma a resolver problemas nas organizações?”***

No seguimento deste capítulo, definir-se-á um conjunto de ideias que possam responder a esta questão. É importante perceber o porque da metodologia ser baseada no ciclo DMAIC com as *Lean tools* (Tabela 4).

Tabela 4 – Explicação da escolha do DMAIC e *Lean tools*

<i>DMAIC</i>	<i>Lean tools</i>
Benitez (2015) aplica uma checklist com ferramentas através do DMAIC para determinar as ações prioritárias.	Há uma exploração pouco consolidada relativamente à integração da metodologia DMAIC com as <i>Lean tools</i> (Domingues, 2013).
Domingues (2013) considera o ciclo DMAIC, “um método organizado e sequencial que permite a identificação de problemas e respetiva resolução, visando a melhoria contínua de processos”.	Alguns benefícios da implementação de <i>Lean Tools</i> : redução do tempo de transição; simplificação do fluxo de materiais; redução do espaço; redução dos tempos de desperdícios; melhor desempenho das máquinas; Processos mais transparentes e mais fáceis de controlar; redução WIP; aumento de produtividade; redução de <i>stock</i> ; redução do <i>lead time</i> ; melhor formação; redução do tempo de ciclo; melhoria da eficiência; redução de custos; melhorias de qualidade (Lavado, 2016).
A implementação bem-sucedida da abordagem não tem sido totalmente investigada; há alguns estudos empíricos que documentam como podem ser interagidas as abordagens <i>Lean</i> e DMAIC, ou Seis Sigma (Nagi & Altarazi, 2017).	






### 3.1.2 Apresentação da metodologia *iLeanDMAIC*

Esta metodologia é uma proposta para resolução de um problema. Uma vez identificado o problema – primeira fase do ciclo DMAIC – aplica-se diversas *Lean tools*, através de uma metodologia que irá ser apresentada neste subcapítulo.

Cada etapa do ciclo DMAIC tem uma determinada função, e pretende-se que esta metodologia através de diversas ferramentas auxilie na execução dessas funções com o objetivo de resolver um problema.

De seguida é apresentada a metodologia, em forma de tabela, onde estão enumeradas as *Lean tools* que podem ser implementadas em cada uma das fases do ciclo DMAIC. É importante referir que algumas *Lean tools* podem ser implementadas em diferentes fases.

Tabela 5 – Metodologia desenvolvida

<i>Fases</i>	<i>Proposta de ferramentas a aplicar:</i>
<b><i>Define</i></b> 	<i>Daily Kaizen; Gemba Walk e Genchi Genbutsu; Obeya Room; A3 Report; Visual Management; VSM; WID; 3 M's.</i>
<b><i>Measure</i></b> 	<i>KPI, Métricas Lean; A3 Report.</i>
<b><i>Analyse</i></b> 	<i>Gemba Walk e Genchi Genbutsu; Obeya Room; A3 Report; Visual Management; Spaghetti Diagram; 5 Whys.</i>
<b><i>Improve</i></b> 	<i>Daily Kaizen; Yokoten; Gemba Walk e Genchi Genbutsu; Obeya Room; A3 Report; Visual Management; One Point Lesson; Jidoka; Andon; Kanban; Supermarket; SMED; Poka-Yoke; Standard Work; TPM; Milkrun; Heijunka; 5S.</i>
<b><i>Control</i></b> 	<i>Daily Kaizen; Yokoten; Gemba Walk e Genchi Genbutsu; Obeya Room; A3 Report; Visual Management; 5S; VSD.</i>

Nos próximos subcapítulos será apresentada detalhadamente os objetivos de cada fase do ciclo com as *Lean tools* mais apropriadas.

### 3.1.2.1 Fase D – Definir

Esta fase centra-se na definição do problema, através da identificação do processo em causa, bem como os *inputs* e os *outputs* do mesmo (Karakhan, 2017).

Através de reuniões *Daily Kaizen* é possível definir os objetivos a atingir e com esta ferramenta formar-se-á uma equipa garantido a sua maior envolvimento e motivação para a resolução do problema.

Nesta fase, fazendo uso do A3, identifica-se o problema através da realização de um relatório, onde é possível reconhecer os benefícios do projeto (a resolução do problema identificado) e compreender os processos (Domingues, 2013).

Ainda nesta fase, através da realização do VSM e WID é possível identificar os desperdícios permitindo uma definição clara do problema. É igualmente importante recorrer a determinadas ferramentas que permitem a visualização dos processos de forma mais veraz, para tal, as ferramentas mais apropriadas são: *Gemba Walk* e *Genchi Genbutsu*; *Obeya Room*; e *Visual Management*.

A identificação dos desperdícios, através da ferramenta 3 MU's também pode ser utilizada nesta fase.

### 3.1.2.2 Fase M – Medir

O segundo passo desta metodologia consiste na recolha de dados do estado atual, avaliando o desempenho através de métricas, para posteriormente se executar ações de melhoria (Domingues, 2013).

Nesta fase é importante quantificar as métricas relevantes para o projeto, nomeadamente as métricas *Lean* e os indicadores (KPI), deve-se ainda conhecer e compreender a capacidade do processo que se está a analisar, bem como o indicador de desempenho do equipamento, através do OEE.

### 3.1.2.3 Fase A – Analisar

Para que as organizações possam melhorar o seu desempenho, deve-se colocar em prática estratégias; é nesta fase – fase Analisar – que se deve referenciar o processo ou produto a fim de colocar em prática essas estratégias e ações de melhoria.

Através do uso da ferramenta dos 5 porquês é possível analisar a causa raiz dos problemas (defeitos), e entender o motivo de os defeitos terem ocorrido (Rahman et al., 2017). O *Spaghetti Diagram* permite a análise de problemas associados ao fluxo de pessoas e/ou materiais.

Nesta fase, pode-se ainda fazer uso de ferramentas como *Gemba Walk* e *Genchi Genbutsu*, e *Visual Management*, pois permitem fazer uma análise mais real de quais as melhores estratégias a aplicar na próxima fase.

### 3.1.2.4 Fase I – Improve (melhorar)

Após identificadas as principais causas do problema, pretende-se na fase I, encontrar soluções de melhoria e seus respectivos custos e benefícios. Esta fase concentra-se no uso de técnicas que permitem gerar possíveis melhorias que possibilitam a redução de problemas (Rahman et al., 2017).

Durante esta fase deve-se realizar reuniões *Kaizen* para garantir que o novo processo está a funcionar conforme planeado; estas reuniões permitem também ter feedback de todas as pessoas que estão envolvidas no processo de melhoria (Lobo, 2017).

É na quarta fase da metodologia DMAIC que as *Lean tools* têm maior relevância pois proporcionam a implementação das ações de melhoria para a resolução dos problemas identificados (Domingues, 2013).

As ferramentas que podem ser implementadas nesta fase são diversas e dependem do problema em questão:

- Execução de documentos como One Point Lesson e *Standard Work*;
- Implementação de SMED, TPM, *Poka-yoke*, *Milkrun*, *Kanban*, 5S, *Andon*, *Heijunka*, *Jidoka*.

A prática de *Yokoten* é muito importante nesta fase, pois permite a formação e a propagação das boas práticas.

### 3.1.2.5 Fase C – Controlar

Nesta última fase, como o próprio nome indica, deve-se controlar as melhorias implementadas na fase anterior, de forma a garantir que as mesmas continuem a ser praticadas e sustentadas. As melhorias devem ser documentadas e institucionalizadas (Rahman et al., 2017). É importante tornar o novo processo *standard* (Lobo, 2017); realizar auditorias internas, reuniões e formações de forma a promover a continuidade das mudanças estabelecidas (Rocha, 2015).

É igualmente importante medir continuamente a capacidade do novo processo, fazendo confronto com aquela que foi medida na fase *Measure*, monitorizando-a e controlando-a, de forma a assegurar as melhorias efetuadas (Domingues, 2013; Gupta, 2013).

## 3.2 Implementação – Caso de Estudo

De forma a validar a metodologia definida anteriormente, implementou-se a mesma em duas organizações.

### 3.2.1 Implementação da metodologia na Rubete

A metodologia desenvolvida foi primeiro implementada na Rubete – Equipamentos Industriais, S.A.. Conforme já referido anteriormente, esta empresa tem como principal foco a produção de compressores e reservatórios. Este estudo debruçar-se-á num produto específico – Reservatório Vertical com capacidade de volume de 300L e com pressão máxima de 10 bar, conforme ilustrado no anexo 1 – Figura 37.

#### **Descrição do processo produtivo do reservatório vertical 300L:**

Para a produção deste reservatório são necessários diferentes componentes, que são apresentados na BOM (*Bill Of Materials*) (Figura 19).



Figura 19 – BOM do Reservatório vertical 300L

Este produto passa por diversos processos produtivos, nomeadamente:

- Conformação – engloba duas atividades: furar chapa e enrolar chapa na calandra;
- Soldadura automática – engloba três atividades: soldadura longitudinal por arco submerso, colocação de fundos e soldadura circular dos fundos por arco submerso;
- Soldadura semi-automática – engloba três atividades: pingar acessórios, soldar tanques e meter saias;
- Provas hidráulicas;
- Pintura – decapagem e pintura;
- Montagem e embalagem (este processo também abrange realização de testes e ensaios).
- Depois da execução destes processos produtivos, o reservatório em estudo é armazenado no armazém de produto acabado.

De seguida, na figura 20, é apresentado um esquema onde ilustra a metodologia aplicada:

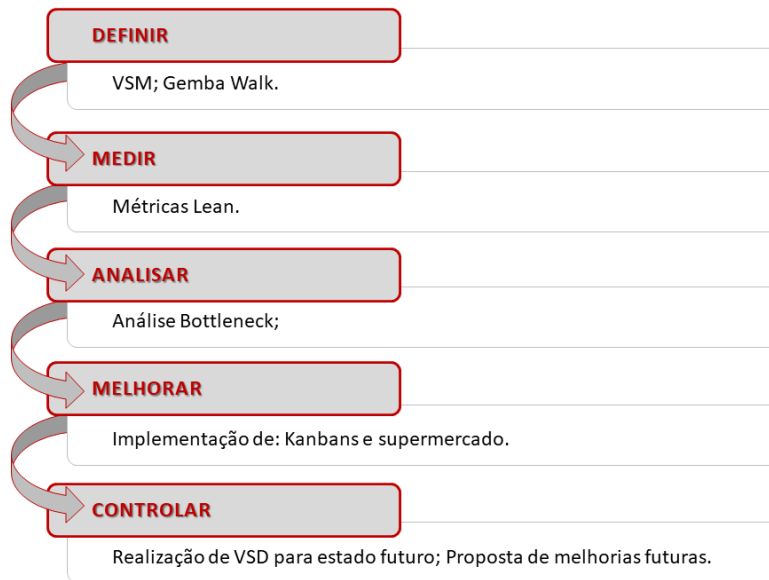


Figura 20 – Metodologia desenvolvida na Rubete

#### **Detalhe da aplicação da metodologia na Rubete:**

Na primeira fase da metodologia – fase Definir – recorreu-se à ferramenta VSM (anexo 2), e simultaneamente na fase Medir analisou-se algumas métricas *Lean*. Sabendo que a procura média mensal deste produto é de 40 artigos, é então possível calcular o *takt time*, que define a cadência com a qual devem ser produzidos os reservatórios, de forma a satisfazer os clientes. Considerando que um mês tem em média 21 dias úteis, obtém-se a procura média diária do cliente (Equação 3):

Equação 3 – Procura diária do cliente – Rubete

$$procura\ diária = \frac{40\ reservatórios/mês}{21\ dias\ úteis/mês} = 1,90\ reservatórios/dia$$

Ou seja, a procura média diária de reservatórios é 1,90 reservatórios. A partir deste valor, calculamos o *takt time* através da seguinte fórmula (Equação 4):

Equação 4 – Fórmula do Takt Time – Rubete

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ de\ trabalho\ disponível}{Procura\ do\ cliente}$$

Sabendo que a empresa labora 8 horas por dia, com 30 minutos de paragem, temos 7,5 horas de tempo útil diário, podendo-se assim calcular a disponibilidade total (Equação 5):

Equação 5 – Disponibilidade Total – Rubete

$$Disponibilidade\ Total = 7,5h \times 21\ dias = 157,5\ h/mês$$

Pelo conhecimento e experiência da organização sabemos que a disponibilidade para o modelo em estudo (Equação 6) é de 22% do tempo total, temos então:

Equação 6 – Disponibilidade reservatório 300 L – Rubete

$$Disponibilidade\ reservatório\ 300L = 22\% \times 157,5 = 34,7\ h/mês$$

Portanto, o valor do Takt Time é (Equação 7):

Equação 7 – Takt Time – Rubete

$$Takt\ Time = \frac{34,7\ h/mês}{40\ reservatórios/mês} \times 60\ min = 52\ min$$

Como o valor do *Takt Time* representa a taxa de procura dos clientes, permitiu concluir que, e considerando o tempo disponível para este processo, a Rubete tem de produzir 1 reservatório a cada 52 min para responder à procura do cliente.

Durante o *Gemba Walk* e desenho do VSM foram analisados os vários tempos no processo de produção, que estão representados na seguinte tabela (Tabela 6) – fase Measure da metodologia:

Tabela 6 – Tempos dos processos produtivos – Rubete

PROCESSOS PRODUTIVOS	C/T (min)	C/O (min)	AVAILABLE (min)	UPTIME
CONFORMAÇÃO	24	12	34,7	99 %
SOLDADURA AUTOMÁTICA	48	42	34,7	98 %
SOLDADURA SEMI-AUTOMÁTICA	59	15	34,7	99 %
PROVAS HIDRAULICAS	30	30	34,7	99 %
PINTURA	33	20	34,7	99 %
MONTAGEM E EMBALAGEM	15	0	34,7	100 %
<b>209</b>				

De seguida, verificasse se o processo é capaz de responder à procura, sabendo que o ideal é que o tempo de ciclo de cada etapa fosse  $\approx$  90 a 95 % do *Takt Time*. O gráfico seguinte (Gráfico 1) apresenta o nivelamento que permite uma rápida análise do processo.

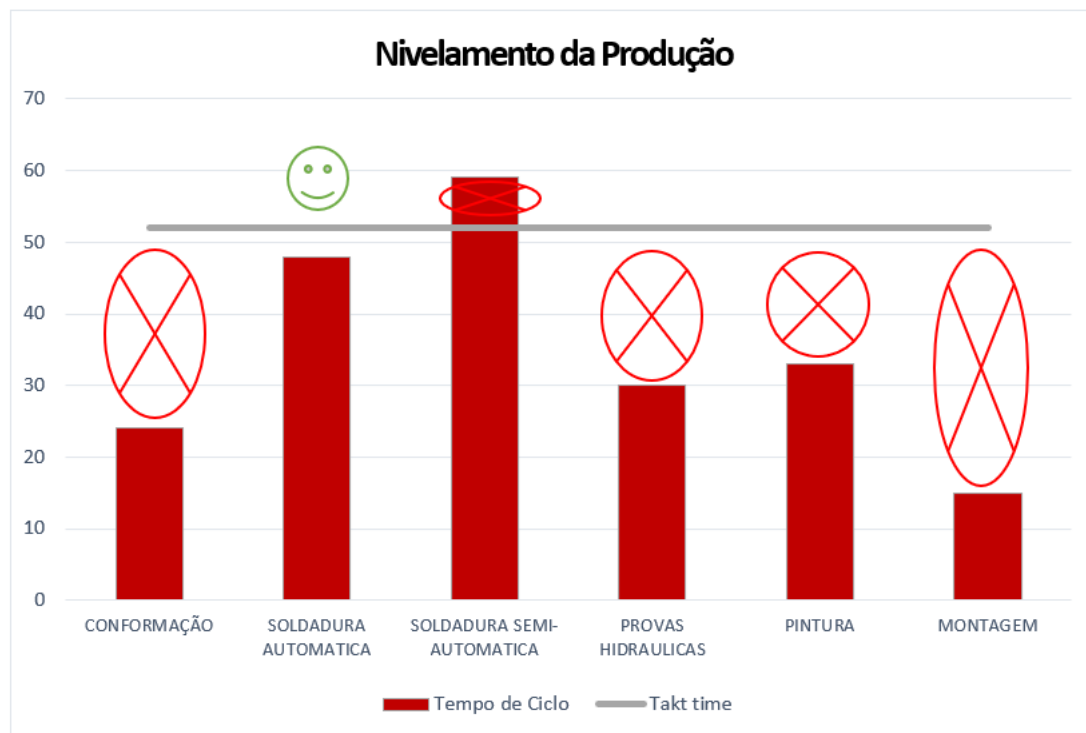


Gráfico 1 – Nivelamento da Produção – Rubete

Ao analisar-se o gráfico verifica-se que apenas o processo de soldadura semi-automática ultrapassa o *Takt Time*, realçando que este é o gargalo do processo. Esta etapa coloca todo o processo em risco, sendo uma das causas da falha de entrega aos clientes. Também se verifica que a produção não está nivelada o que provoca desperdícios nas diferentes etapas.

Ainda na fase Medir, calculou-se o *Lead Time* do processo (Tabela 7):

Tabela 7 – Cálculo do *Lead Time* – Rubete

	C/T	LEAD TIME
STOCK MATÉRIA PRIMA	50 DIAS	50 DIAS
CONFORMAÇÃO	24 MIN	$24 \div 60 \div 7,5 = 0,05 \text{ DIAS}$
SOLDADURA AUTOMÁTICA	48 MIN	$48 \div 60 \div 7,5 = 0,11 \text{ DIAS}$
STOCK	10 UNIDADES	$10 \div 40 \div 21 = 5,25 \text{ DIAS}$
SOLDADURA SEMI-AUTOMÁTICA	59 MIN	$59 \div 60 \div 7,5 = 0,13 \text{ DIAS}$
STOCK	10 UNIDADES	$10 \div 40 \div 21 = 5,25 \text{ DIAS}$
PROVAS HIDRAULICAS	30 MIN	$30 \div 60 \div 7,5 = 0,07 \text{ DIAS}$
STOCK	10 UNIDADES	$10 \div 40 \div 21 = 5,25 \text{ DIAS}$
PINTURA	33 MIN	$33 \div 60 \div 7,5 = 0,07 \text{ DIAS}$
MONTAGEM E EMBALAGEM	15 MIN	$15 \div 60 \div 7,5 = 0,03 \text{ DIAS}$
		<b>66 DIAS</b>

Verifica-se um *Lead time* elevado quando comparado com o tempo de ciclo total, sendo a principal causa o *stock* de matéria prima e o *WIP*.

Na fase (*Measure*), também foi calculado o tamanho ideal do lote sabendo que o lote atual é de 30 unidades. Considerou-se para os inputs mais significativos nesta análise eram o objetivo de reduzir os lotes e *stocks* e a eficiência na gestão de *stock* das matérias primas.

É apresentado na tabela 8 uma análise do impacto no tempo de produção do produto considerando o tempo de ciclo, *changeover* e o tamanho do lote.

Tabela 8 – Cálculo do tamanho do lote

PROCESSOS	C/T (MIN)	C/O (MIN)	LOTES											
			1	5	10	11	12	13	14	15	20	30		
CONFORMAÇÃO	24	12	36	26	25	25	25	25	25	25	25	25	25	24
SOLDADURA AUTOMÁTICA	48	42	90	56	52	52	52	51	51	51	51	50	50	49
SOLDADURA SEMI- AUTOMÁTICA	59	15	74	62	61	60	60	60	60	60	60	60	60	60
PROVAS HIDRAULICAS	30	30	60	36	33	33	33	32	32	32	32	32	32	31
PINTURA	33	20	53	37	35	35	35	35	35	34	34	34	34	34
MONTAGEM E EMBALAGEM	15	0	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	<b>209</b>		<b>328</b>	<b>233</b>	<b>221</b>	<b>220</b>	<b>219</b>	<b>218</b>	<b>218</b>	<b>217</b>	<b>215</b>	<b>213</b>		

A fórmula usada é (Equação 8):

Equação 8 – Fórmula para cálculo do tamanho do lote

$$\frac{\text{Tempo Ciclo} \times \text{tamanho Lote} + \text{ChangeOver}}{\text{tamanho Lote}}$$

A escolha de um lote menor implica um pequeno aumento do tempo de reposta do processo, mas como se irá trabalhar também na redução do tempo de mudança, essa diferença tenderá a ser minimizada. Após análise e discussão com a equipa, onde foram ponderados os pós e contras, optou-se nesta fase por um lote de 12 unidades.

Na fase Analisar da metodologia, verifica-se que o processo mais lento, ou seja o *Bottleneck*, é o processo de soldadura semi-automática, e é justamente este o problema onde se irá focar o estudo, porque este processo conduz à falha na entrega do produto ao cliente, acumulação de *Work-In-Progress* (*WIP*), tanto no processo a montante como a jusante, e condiciona o nivelamento da produção.

Ainda nesta fase, é feito o VSM com propostas de melhoria, anexo 3. Estas propostas foram definidas pelo Engenheiro Industrial numa reunião onde também envolveu os dois chefes de linha. Os problemas identificados ao longo do fluxo de valor foram:

- Prazos de entrega da matéria prima elevados;
- Não existência de *stocks* mínimos e segurança no armazém de matéria prima;
- Processo da soldadura semi-automática lento – etapa gargalo;
- Lote de produção grande – 30 unidades;
- *Changeover* do processo de soldadura automática demasiado moroso;
- Acumulação de *Work-in-Progress* entre processos.

No desenho deste VSM – VSM com propostas de melhoria – fez-se uso do ícone *Kaizen* (Figura 23) de forma a evidenciar o que deve ser feito para que a mudança se torne numa realidade.

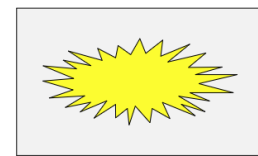


Figura 21 – Kaizen Burst

A figura seguinte (Figura 24) indica fluxos de informação que se deve eliminar, de forma a melhorar o fluxo de valor, tornar o processo mais *Lean*. Colocou-se um “X” nas setas que representam informações manuais e se tornarão irrelevantes com a implementação do controlo por *Kanbans*.

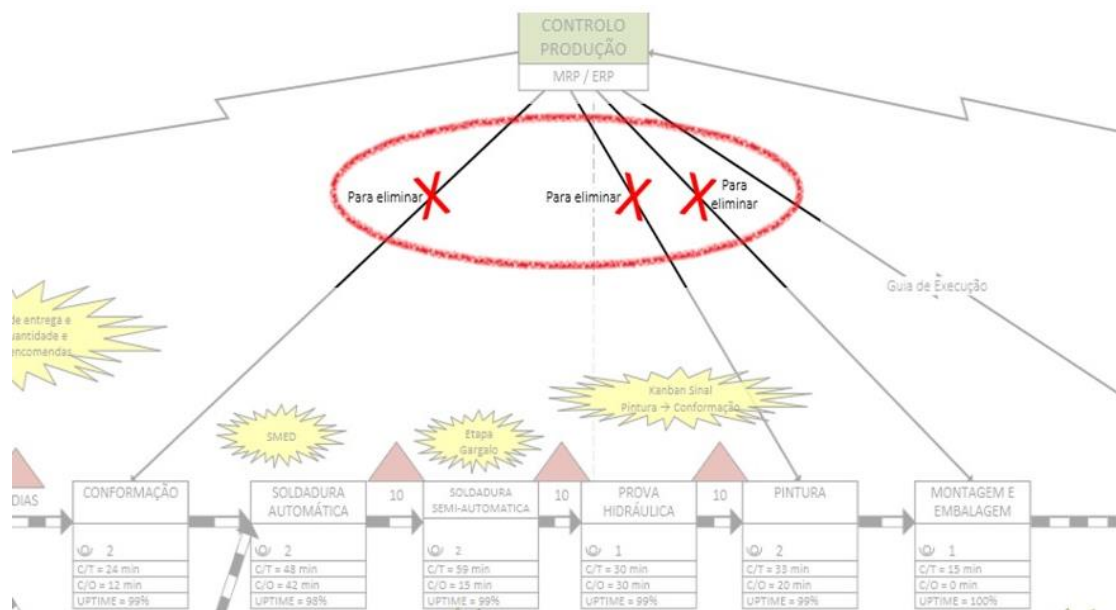


Figura 22 – fluxos de informação a eliminar - Rubete

É nesta fase que se avança para o desenho do VSD do estado futuro, vislumbrando-se o objetivo para o fluxo do processo em análise. Para uma melhor compreensão e de forma a simplificar a análise do processo, dividiu-se o VSD em *Loops* – ciclos do Processo. Neste caso, temos 4 ciclos (Anexo 4):

- Processo fornecedor
- Processo cliente
- Processo metalomecânica – fabrico do reservatório
- Processo de acabamento – envolve a pintura e montagem

Após identificados os ciclos do processo, é necessário criar um plano de ações. Para tal, define-se as prioridades das ações dos diferentes ciclos, tal como está ilustrado na tabela seguinte (Tabela 9):

Tabela 9 – Prioridade nos ciclos - Rubete

	<i>Prioridade no ciclo</i>
<b>CICLO FORNECEDOR</b>	
Rever prazos de entrega e reformular quantidade e intervalos de encomenda	
Posto <i>Kanban</i> – encomendas	
Definir <i>Stock</i> mínimo e <i>Stock</i> de segurança	
Criação de supermercado conformação – chapa	<b>3</b>
Criação de supermercado fundos	
<b>CICLO CLIENTE</b>	
<i>Kanban</i> : Expedição → pintura; definir número de <i>Kanbans</i>	
Criação de supermercado expedição	
<b>CICLO METALOMECÂNICA</b>	
SMED na máquina de soldadura automática	
Soldadura semi-automática – etapa gargalo; rever procedimentos	
<i>Kanban</i> sinal: pintura → conformação; definir <i>stock</i> mínimo	<b>1</b>
Redução do lote de produção	
Criação de supermercado conformação - chapa	
Criação de supermercado fundos	
Criação de supermercado pintura	
<b>CICLO ACABAMENTO</b>	
<i>Kanban</i> sinal: pintura → conformação; definir <i>stock</i> mínimo	
Redução do lote de produção para unitário	<b>2</b>
Criação de supermercado pintura	
<i>Kanban</i> : Expedição → pintura; definir número de <i>Kanbans</i>	
Criação de supermercado expedição	

De seguida priorizou-se as etapas dentro de cada ciclo. A seguinte tabela (Tabela 10) apresenta as prioridades das ações por etapa.

Tabela 10 – Prioridade por etapa - Rubete

	<i>Prioridade por etapa</i>
<b>CICLO FORNECEDOR</b>	<b>3</b>
Rever prazos de entrega e reformular quantidade e intervalos de encomenda	3
Posto <i>Kanban</i> – encomendas	4
Definir <i>Stock</i> mínimo e <i>Stock</i> de segurança	5
Criação de supermercado conformação – chapa	1
Criação de supermercado fundos	2
<b>CICLO CLIENTE</b>	<b>4</b>
<i>Kanban</i> : Expedição → pintura; definir número de <i>Kanbans</i>	2
Criação de supermercado expedição	1
<b>CICLO METALOMECÂNICA</b>	<b>1</b>
SMED na máquina de soldadura automática	7
Soldadura semi-automática – etapa gargalo; rever procedimentos	6
<i>Kanban</i> sinal: pintura → conformação; definir <i>stock</i> mínimo	5
Redução do lote de produção	1
Criação de supermercado conformação - chapa	2
Criação de supermercado fundos	3
Criação de supermercado pintura	4
<b>CICLO ACABAMENTO</b>	<b>2</b>
<i>Kanban</i> sinal: pintura → conformação; definir <i>stock</i> mínimo	4
Redução do lote de produção para unitário	1
Criação de supermercado pintura	2
<i>Kanban</i> : Expedição → pintura; definir número de <i>Kanbans</i>	5
Criação de supermercado expedição	3

Por fim, realizou-se uma matriz de priorização (Figura 25) de forma a definir o peso de cada uma das etapas. Sendo que cada melhoria a realizar possui a seguinte numeração (Tabela 11):

Tabela 11 – Numeração das melhorias

	NUMERAÇÃO
Redução do lote de produção (CICLO METALOMECÂNICA)	1
Criação de supermercado conformação – chapa (CICLO METALOMECÂNICA E FORNECEDOR)	2
Criação de supermercado fundos (CICLO METALOMECÂNICA E FORNECEDOR)	3
Criação de supermercado pintura (CICLO METALOMECÂNICA E ACABAMENTO)	4
<i>Kanban</i> sinal: pintura → conformação; definir <i>stock</i> mínimo (CICLO METALOMECÂNICA E ACABAMENTO)	5
Soldadura semi-automática – etapa gargalo; rever procedimentos (CICLO METALOMECÂNICA)	6
SMED na máquina de soldadura automática (CICLO METALOMECÂNICA)	7
Redução do lote de produção para unitário (CICLO ACABAMENTO)	8
Criação de supermercado expedição (CICLO ACABAMENTO E CLIENTE)	9
<i>Kanban</i> : Expedição → pintura; definir número de <i>Kanbans</i> (CICLO ACABAMENTO E CLIENTE)	10
Rever prazos de entrega e reformular quantidade e intervalos de encomenda (CICLO FORNECEDOR)	11
Posto <i>Kanban</i> – encomendas (CICLO FORNECEDOR)	12
Definir <i>Stock</i> mínimo e <i>Stock</i> de segurança (CICLO FORNECEDOR)	13

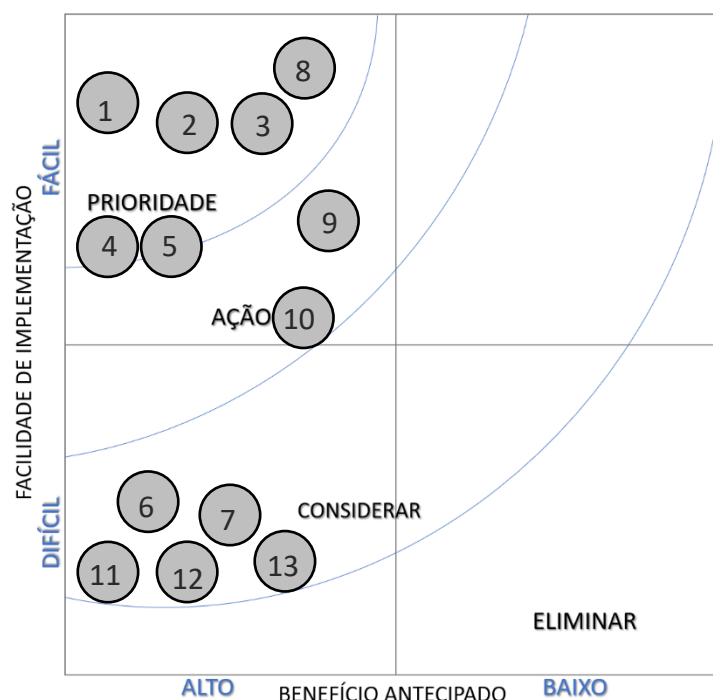


Figura 23 – Matriz de Priorização

De seguida, na fase **Improve**, começou-se por implementar as ações com maior peso:

□ Redução do lote de produção – ciclo metalomecânica

Como foi visto, na fase Analisar, realizou-se o estudo para a redução do lote. Atualmente o tamanho do lote é de 30 unidades e a proposta de melhoria é a redução do lote para 12 unidades. Futuramente pretende-se promover a redução deste valor, contudo de forma cuidada e gradual.

A redução do lote permite que os *stocks* diminuam, a flexibilidade da produção aumente, reduz a área ocupada, facilita e melhora a gestão de espaços levando a uma redução de desperdícios de transporte e ainda permite a simplificação dos processos na gestão de compras.

Nesta primeira fase, reduziu-se o lote de 30 para 12 (Figura 24); o lote com tamanho 12, em vez de 11, ou 10, foi uma opção da organização, pois estes valores são relativamente próximos, e as diferenças não são significativas. Por uma questão de segurança e minimização dos riscos da mudança, a empresa, considerou que no momento atual a redução do lote para menos que 12 unidades implica um risco quer do funcionamento do processo em si como da gestão das pessoas dentro e fora do mesmo.

Para lotes de tamanho 1 a 5 era impossível, tanto devido ao aumento do tempo de produção ser significativo como pelo aumento exponencial do risco de uma mudança tão radical poder falhar de forma catastrófica, colocando todo o processo de mudança na organização em causa. Desta forma, e considerando os *stocks* mínimos e questões organizacionais, optou-se pelo valor mais confortável (12 unidades).

Futuramente, através da implementação da ferramenta SMED e de melhorias nos processos que permitem a redução dos tempos de C/O (*Changeover*) e do tempo de ciclo poder-se-á estudar novas reduções do lote. Desta forma, a pequena perda originada pela redução do lote irá ser gradualmente reduzida conforme os processos vão melhorando. O ganho que se tem ao reduzir o lote para mais de metade (ou seja, de 30 para 12) traz benefícios que ultrapassam largamente o pequeno aumento no tempo de produção que se cifra em apenas 3% (6/213 minutos).



Figura 24 – Lote de 12 unidades - Rubete

- *Kanban* sinal: pintura → conformação; definir *stock* mínimo e *stock* de segurança; Criação de supermercado pintura;

Implementou-se um *Kanban* de sinal no processo de pintura, onde este permite informar ao processo a montante (processo de conformação) que é necessário reabastecer o supermercado de pintura do lote de produção definido.

Sendo a soma do tempo de ciclo da Metalomecânica (Equação 9):

Equação 9 – Soma do tempo de ciclo da Metalomecânica – Rubete

$$\begin{aligned} C/T_{METALOMECÂNICA} &= \\ &= C/T_{CONFORMAÇÃO} + C/T_{SOLDADURA AUTOMÁTICA} \\ &+ C/T_{SOLDADURA SEMIAUTOMÁTICA} + C/T_{PROVAS HIDRRÁULICAS} \Rightarrow \\ &\Rightarrow C/T_{METALOMECÂNICA} = 24 + 48 + 59 + 30 = 161\text{min} \Rightarrow 2,7\text{h} \end{aligned}$$

Considerando, 7,5 horas por dia, então (Equação 10):

Equação 10 – Soma do tempo de ciclo da Metalomecânica em dias – Rubete

$$C/T_{METALOMECÂNICA} = \frac{2,7 \text{ h}}{7,5 \text{ h/dia}} = 0,4 \text{ dias}$$

Como o *stock* mínimo deve ser maior que o tempo de ciclo, então (Equação 11):

Equação 11 – *Stock* mínimo (dia)

$$\text{Stock mínimo} = 1 \text{ dia}$$

Ou seja (Equação 12),

Equação 12 – *Stock* mínimo (unidades) – Rubete

$$\text{Stock mínimo} = \text{procura diária} \times \text{stock mínimo}_{\text{dias}} \Rightarrow \frac{40}{21} \times 1 = 2 \text{ unidades}$$

Para o *Stock* de segurança definiu-se um dia, e o cálculo é dado por (Equação 13):

Equação 13 – *Stock* Segurança – Rubete

$$\begin{aligned} \text{Stock Segurança} &= \text{procura diária} \times \text{stock segurança}_{\text{dias}} \Rightarrow \frac{40}{21} \times 1 \\ &= 2 \text{ unidades} \end{aligned}$$

Sendo assim, o *Kanban* de sinal da pintura é (Equação 14):

Equação 14 – Cálculo do *Kanban* Sinal da Pintura – Rubete

$$\text{Kanban Sinal da pintura} = \text{Stock Segurança} + \text{Stock mínimo} = 4 \text{ unidades}$$

De seguida, é apresentado o modelo implementado (Figura 25):



Figura 25 – Modelo *Kanban* sinal Pintura

Na figura 26, pode-se observar a colocação do *Kanban* num *stock* de 12 unidades que irá ser consumido pela pintura de acordo com o consumo a jusante. Quando *stock* atinge as 4 unidades fica à vista o *Kanban*, e é que então o *Kanban* de sinal é fisicamente transportado para o processo a montante definido – processo de conformação; passando a ser a “ordem de produção”, e é colocada na fila de espera de produção juntamente com os *Kanbans* de outros artigos. O *Kanban* deve acompanhar sempre o lote ao longo do processo e colocado na posição correta quando lote for colocado no supermercado.



Figura 26 – *Kanban* de sinal Pintura num reservatório de lote 12

- Redução do lote de produção para unitário – ciclo acabamento

A produção em lotes de 12 unidades é só feita até ao supermercado da pintura, porque daqui para a frente a produção é de lotes unitários, considerando que o tempo

de preparação e mudança (*changeover*) que se tem na pintura é semelhante em qualquer produto, seja 300L, 500L, 100L ou qualquer outro, e quando é feito um ciclo de pintura a linha é totalmente ocupada por um mix de produtos; isto é, quando são preparados os artigos para pintar, é indiferente qual os modelos a incluir, pois a capacidade é sempre ocupada pelo mix, e o processamento é igual para todos e os tempos muito semelhantes.

Isto implica que o tempo de preparação é igual para qualquer tamanho do lote, quer se pinte 1 produto ou pintar 10 produtos do mesmo modelo, e por essa razão já existir os lotes individuais.

A área de montagem usa células que produzem uma unidade de cada vez.

Nesta etapa o trabalho de redução do *stock* final está retratado no *stock* do supermercado de expedição.

- *Kanban*: expedição → pintura; definir número de *Kanbans*; Criação de supermercado expedição;

Implementou-se um *Kanban* de produção entre o supermercado de produto acabado e o processo de pintura, onde este emite sinais para reabastecimento do supermercado a jusante (expedição) para que o processo de pintura pinte os reservatórios, de forma a repor no supermercado de produto acabado.

Sendo que a disponibilidade dos produtos pintados durante 1 dia é de 2 unidades, bem como o *stock* de segurança, então a quantidade de *Kanbans* no supermercado de produto acabado (PA) (Equação 15) é:

Equação 15 – Cálculo de *Kanbans* no supermercado de Produto Acabado – Rubete

$$\text{Kanbans no supermercado de PA} = 4 \text{ unidades}$$

De seguida, é apresentado o modelo implementado (Figura 27):



Figura 27 – Modelo *Kanban* Produção – Rubete

Na seguinte figura (Figura 28), pode se visualizar 4 produtos acabados no armazém de produto acabado:



Figura 28 – Supermercado de Produto Acabado – Rubete

**Kanban para situações excepcionais:**

Também foi desenvolvido um *Kanban* do tipo especial (Figura 29), que serve para encomendas superiores ao *stock* normal (4 unidades). Por exemplo, surgiu uma encomenda de 7 unidades (Figura 30) e não havia *stock* no supermercado do produto acabado, e como estão a ser pintadas 4 unidades, ficará em falta 3 unidades. Para tais situações, surge este *Kanban* que permite uma produção de mais três unidades, como mostra a Figura 31.



Figura 29 – Encomenda de 7 unidades – *Kanban* especial

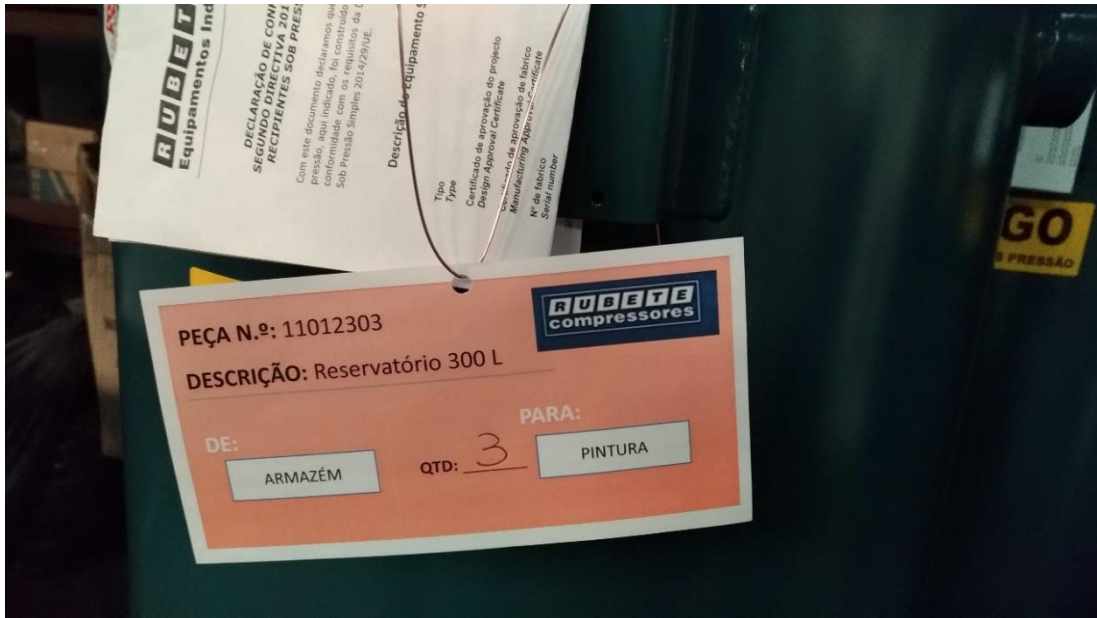


Figura 30 – Encomenda especial de 3 unidades – Kanban Especial Rubete

**PEÇA N.º: 11012303**

**DESCRIÇÃO: Reservatório 300 L**

---

**DE:** ARMAZÉM      **QTD:** 3      **PARA:** PINTURA

Figura 31 – Modelo de Kanban especial – Rubete

Foram recolhidas outras oportunidades de melhoria, no entanto não foram implementadas, pois ainda estão em fase de análise.

Já na última fase da metodologia – fase Controlar – surge o mapeamento do estado futuro, o VSD (anexo 5). De forma a explicar este desenho, deve-se começar da direita para a esquerda, ou seja, do cliente para o fornecedor.

Existe um colaborador que por dia faz dois Milkrun e vai à produção e verifica se há necessidades de materiais ou não.

O cliente faz a encomenda; a encomenda é enviada para a expedição; o único contacto que o controlo de produção tem com o processo todo é com a expedição que manda essa informação da encomenda (que antes tinha 3 pontos de ligação e agora é só um – melhorando o fluxo de valor); a partir do momento que a expedição tem a encomenda, esta retira a quantidade encomendada do supermercado do produto acabado (supermercado da expedição); se expedição verificar que os 4 *Kanbans* existentes não são suficientes para as encomendas existentes envia para a pintura um

*Kanban* especial que indica à produção a necessidade de produzir uma quantidade extra, ou seja, imagine-se o cenário em que a expedição consumiu todo o *stock* do supermercado mas ainda tem 7 reservatórios em falta, se só enviar 4 *Kanbans* vais ter de esperar 2 ciclos para responder à totalidade das encomendas, neste caso enviaria também um *Kanban* excepcional com a indicação de produção de 3 reservatórios.

A expedição tira o material do supermercado de expedição, e automaticamente o *Kanban* é enviado para a pintura; a pintura vai retirar a quantidade correspondente do supermercado de pintura e pintar, depois é enviado para a montagem e finalmente colocado o supermercado da expedição;

Quando é pintado um reservatório é retirado um artigo do supermercado da pintura, quando este chegar ao limite mínimo (que é 4), o *Kanban* de sinal é enviado para a conformação, na qual o processo de produção inicia; depois o processo segue o rumo normal, respeitando a regra do *FIFO*, até que o lote chegue ao armazém de pintura.

Quando o processo de conformação é iniciado, retira material do supermercado de conformação e é então enviado um *Kanban* para o posto de *Kanban* (na qual ainda não foi definido, mas haverá um volume mínimo) que vai dar o sinal para fazer uma encomenda de matéria prima. Este posto *Kanban*, recebe *Kanbans* tanto do supermercado de conformação como do supermercado de fundos. Quando estes *Kanbans* chegam ao departamento de compras, dá origem a encomendas aos diferentes fornecedores. Desta forma deixa de existir a necessidade de verificar *stocks*, pois são os *Kanbans* que vão controlar todo o fluxo de informação e de *stocks*. As compras vão receber os *Kanbans* e de acordo com as regras estabelecidas as compras vão fazer a encomenda e o fornecedor irá entregar a mercadoria. Os *Kanbans* que originaram a encomenda serão enviados para a receção e serão colocados na mercadoria recebida, acompanhando esta até ser retirada para o processo produtivo.

Serão considerados os prazos de entrega dos diferentes fornecedores, sabendo que existem fornecedores internacionais com prazos mais alongados, para definir o *stock* e quantidade de encomenda, e conseqüentemente os *Kanbans* a utilizar.

### 3.2.2 Implementação da metodologia na Empresa X

Após a implementação da metodologia na Rubete e de forma a existir uma validação mais significativa da metodologia definida no capítulo anterior, implementou-se a mesma numa outra organização, denominada por Empresa X (por motivos de confidencialidade).

De seguida, na figura 32, é apresentado um esquema onde ilustra a metodologia aplicada:



Figura 32 – Metodologia desenvolvida na Empresa X

#### **Detalhe da aplicação da metodologia na empresa X:**

Na primeira fase da metodologia – fase Definir – recorreu-se à ferramenta VSM (anexo 6), e simultaneamente na fase Medir analisou-se algumas métricas *Lean* (tabela 12).

Através do VSM é possível concluir que existe uma elevada acumulação de *Work-In-Progress* (WIP) entre os setores de montagem e da embalagem, nomeadamente o WIP na montagem fica parado até que algum colaborador recolhe para proceder ao processo produtivo seguinte – montagem.

Verificou-se ainda que o CO (Change Over) do processo de montagem demora 39 minutos. A mudança de ferramenta desta máquina revela uma insuficiência de recursos, uma vez que as pessoas que realizam a tarefa não se encontram devidamente sensibilizados e capacitadas para a sua realização. É precisamente este o problema detetado na fase Define do ciclo DMAIC, e onde se irá focar o estudo.

Tabela 12 – Métricas *Lean* do estado inicial da empresa X

<i>Métricas Lean</i>	<i>Dados:</i>
<i>Lead Time</i> – Tempo necessário que leva um produto a percorrer todo o fluxo de valor, do início ao fim (Rother & Shook, 1999).	16 Dias
<i>Cycle Time</i> (Tempo de Ciclo) – C/T – tempo decorrido entre duas peças produzidas num determinado posto de trabalho (PT) (Rother & Shook, 1999).	<b>PT: Montagem</b> 9 seg.
<i>Takt Time</i> – frequência com que uma peça deve ser produzida, com base na taxa de vendas para atender às necessidades do cliente (José Carlos Sá, 2010).	<i>Procura Mensal</i> = 8904 uni. <i>Takt Time</i> = 1,13 mi
$Takt\ Time = \frac{Tempo\ de\ trabalho\ disponível\ por\ turno}{Procura\ do\ cliente\ por\ turno}$	
NOTA: O tempo de trabalho disponível mensal, por turno, são 168h	
<i>Change Over Time</i> (Tempo de mudança) – C/O – tempo que demora a mudar de um tipo de produto para outro (Rother & Shook, 1999).	39 min
Número de turnos	2 turnos
<i>Available</i> – Tempo de trabalho disponível – tempo de trabalho pro turno no processo = <i>num. horas</i> * 60min * <i>num. turnos</i>	8 h p/turno ⇒ 960min
<i>Uptime</i> – Tempo de atividade – Percentagem de tempo que uma máquina está disponível para trabalho produtivo (Hines et al., 2011).	96%
$UPTIME = 1 - \frac{C/O}{Available}$	
Número de operadores – número de pessoas necessárias para operar o processo.	3 pessoas

Como o valor do *Takt Time* representa a taxa de procura dos clientes, permite-nos concluir que, e considerando o tempo disponível para este processo, a empresa tem de produzir 1 unidade a cada 1,13 min para responder à procura do cliente.

Passando para a fase Analisar, onde se recorreu a uma análise dos OEE's (anexo 7) da máquina identifica no VSM durante as fases anteriores, cujo estudo focar-se-á no processo de montagem. Com esta análise verificou-se que o tempo de mudança de ferramenta era moroso, tal como ilustrado no seguinte gráfico.

## PARAGENS NÃO PLANEADAS (HORAS)

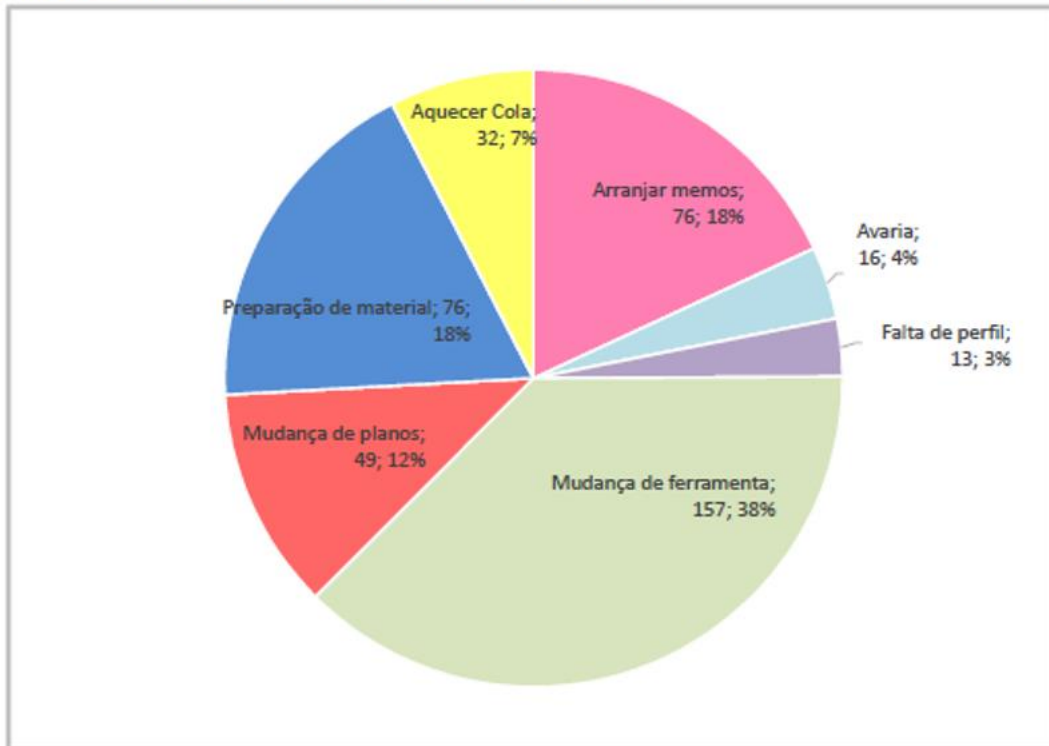


Gráfico 2 – Paragens não planeadas do processo de montagem – Empresa X

A paragem não planeada com maior percentagem é a mudança de ferramenta com 38%, que significa que a máquina teve parada cerca de 157 horas. Perante este valor, na fase seguinte do DMAIC – fase Melhorar – resolveu-se implementar a ferramenta *Lean* que permite a melhoria nos processos de mudança de *setups* – a ferramenta SMED. Com a implementação desta ferramenta pretende-se diminuir o tempo de mudança de perfil, tempo considerado não produtivo.

### Implementação da metodologia SMED:

#### □ ETAPA 1 – Recolha de dados

Nesta etapa de estudo, filmou-se as mudanças de perfil na máquina. É importante referir que o tempo depende também do operador que realiza, pois este pode ter mais experiência e melhor desempenho, sendo um dos fatores que contribui para apresentar melhores resultados.

Através das filmagens foi possível medir os tempos que os operadores despenderam para realizar cada uma das tarefas, com recurso ao cronómetro.

Na seguinte tabela, é apresentado as tarefas necessárias para a mudança de ferramenta, na qual encontram-se a azul as mais críticas pois são as que despedem de mais tempo.

Tabela 13 – Dados iniciais – empresa X

N.º	Tipo Atividade	Tarefa	Operador	Tempo
1	Interna	Retirar perfis da máquina	1	0:02:46
2	Interna	Retirar carrinhos do bordo de linha e colocar novos carrinhos no bordo de linha	1	0:03:50
3	Interna	Levantar eixo de cola, no painel de controlo	1	0:00:48
4	Interna	Retirar 4 acrílicos, desaparafusando 4 parafusos por cada acrílico	1	0:04:35
5	Interna	Retirar excesso de alumínio com pistola de ar	2	0:04:50
6	Interna	Escolher empurradores para o novo perfil	2	0:02:54
7	Interna	Retirar empurradores do perfil antigo e colocar novos empurradores do novo perfil	2	0:06:59
8	Interna	Abrir caixa, ajustar sensor para medidas dos novos empurradores e apertar a caixa; Colocar tempo de novos empurradores no painel de controlo	2	0:08:45
9	Interna	Abrir barras, colocar perfil, ajustar e fechar barras	1	0:16:32
10	Interna	Colocar 4 acrílicos, apertando 4 parafusos por cada acrílico	1 e 2	0:03:57
11	Interna	Baixa o eixo de cola, no painel de controlo	1	0:00:48
12	Interna	Colocar perfil na máquina	1 e 2	0:03:50
13	Interna	Calibrar e ligar a máquina	1	0:00:58

#### □ ETAPA 2 – Distinção de tarefas internas das externas

Depois do levantamento das tarefas e dos respetivos tempos, realizou-se uma análise para classificar as tarefas como internas ou externas, sendo que as primeiras são consideradas tarefas que têm que ser realizadas com a máquina parada, e as externas são tarefas que podem ser realizadas com a máquina ligada.

A situação atual é que todas as atividades são internas. Caso haja possibilidade deve-se transformar as atividades internas em externas, para que o processo de setup tenha um melhor desempenho.

#### □ ETAPA 3 – Converter tarefas internas em externas

Após a distinção das tarefas, realizada na etapa anterior, pretende-se converter as tarefas internas em externas. Para tal, apresenta-se na tabela seguinte as tarefas que podem ser convertidas, bem como as sugestões de como proceder à sua conversão.

Tabela 14 – Proposta de conversão das atividades – Empresa X

N.º	Tipo Atividade	Tarefa	Proposta de conversão
1	Externa	Retirar perfis da máquina	É desnecessário retirar o perfil todo só após a paragem da máquina. Os operadores sabem quanto têm de produzir (através do painel de controlo). Posto isto, deve-se retirar o perfil em excesso antes de parar a máquina, de modo a ficar só as quantidades necessárias.
2	Externa	Retirar carrinhos do bordo de linha e colocar novos carrinhos no bordo de linha	Os carrinhos devem ser arrumados no final da troca quando a máquina já estiver a funcionar. Porém deve ser garantido espaço para se colocar os novos carrinhos, cuja tarefa deve ser realizada antes de se parar a máquina.
12	Externa	Colocar perfil na máquina	No estado atual, o perfil está a ser colocado na máquina no limite máximo, o que implica uma grande perda de tempo. Deve-se colocar apenas o essencial (valor mínimo que permita o arranque da máquina). Após ligar a máquina, o operador inicia as suas atividades que engloba a colocação de perfil na máquina.

#### □ ETAPA 4 – Redução das tarefas internas em externas

Inicialmente o foco debruçou-se nas tarefas mais longas: (1) Escolher empurradores para o novo perfil, retirar empurradores do perfil antigo e colocar novos empurradores do novo perfil; (2) Abrir caixa, ajustar sensor para medidas dos novos empurradores e apertar a caixa; e (3) Abrir barras, colocar perfil, ajustar e fechar barras. Para estas tarefas, as propostas de melhoria foram as seguintes:

- 1) Os empurradores encontravam-se armazenados numa caixa de cartão de forma confusa, conforme se pode ver na figura seguinte (Figura 33).



Figura 33 – Estado inicial dos empurradores – Empresa X

Cada empurrador tem um número que no momento de substituição tem que ser colocado no local do empurrador anterior com o mesmo número. Para tal, foi realizada uma nova caixa (caixa de madeira, de forma a não se deformar como a caixa de cartão) para armazenar os empurradores de maneira que a escolha dos empurradores seja imediata, conforme se pode verificar na seguinte figura (Figura 34):



Figura 34 – Melhoria na arrumação dos empurradores – Empresa X

Ainda como proposta de melhoria para a redução de tempos, arranjou-se uma segunda ferramenta para retirar os empurradores. A situação atual era a posse de uma ferramenta, na qual só uma pessoa é que poderia realizar a operação.

2) A abertura da caixa, para ajustar os sensores com os novos empurradores é uma tarefa que além de ser morosa exigia do colaborador uma força maior para abrir a caixa. Por esse motivo, adaptou-se a ferramenta de forma a que a força exercida fosse através do movimento do antebraço, ao invés de exercer a força toda só através da mão.

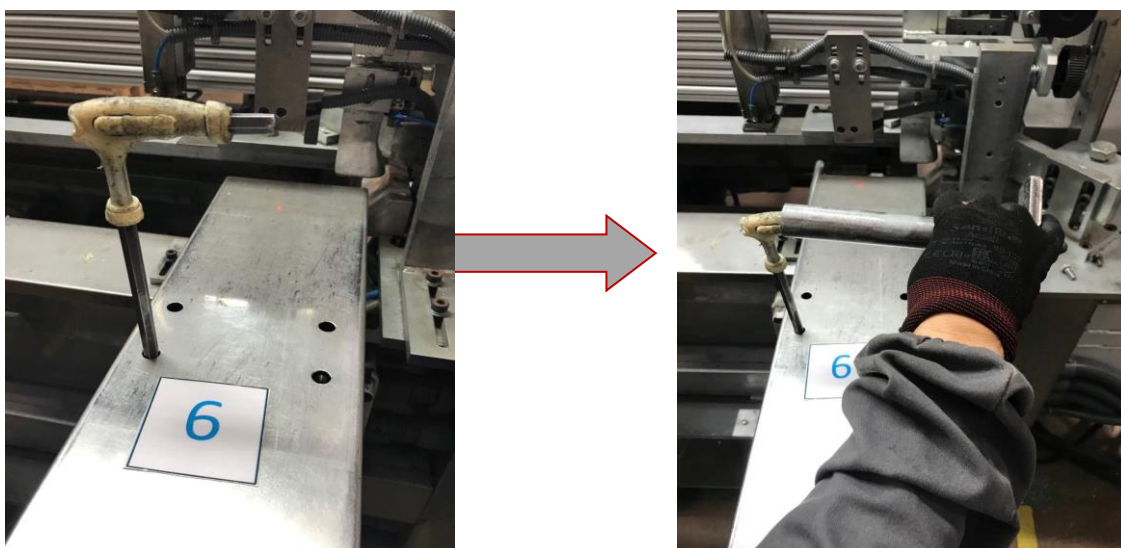


Figura 35 – Abertura das caixas – Empresa X

3) Para a mudança de perfil, é necessário realizar o ajuste para o perfil que se pretende. Esta tarefa é muito lenta pois não existe nenhum fixador nem calibrador e portanto baseia-se numa tarefa de tentativa erro com o perfil.

Uma proposta de melhoria é a criação de uma peça metálica de forma a que o operador colocasse a mesma nas barras e pudesse ajustar de seguida, tornando este processo mais rápido e eficiente (Figura 36).



Figura 36 – Melhoria no ajuste das barras – Empresa X

Nesta etapa – etapa 4 do SMED – também foram apresentadas outras propostas de melhoria tais como:

- Acrescentar uma pessoa no processo de mudança de ferramenta

Conforme se pode verificar no VSM, o processo de montagem é composto por três pessoas, contudo a mudança de ferramenta é realizada com apenas duas pessoas, sendo que a outra pessoa é colocada noutras máquinas durante a mudança de ferramenta.

De seguida é apresentado um balanceamento do estado inicial, com 2 pessoas (Gráfico 3).

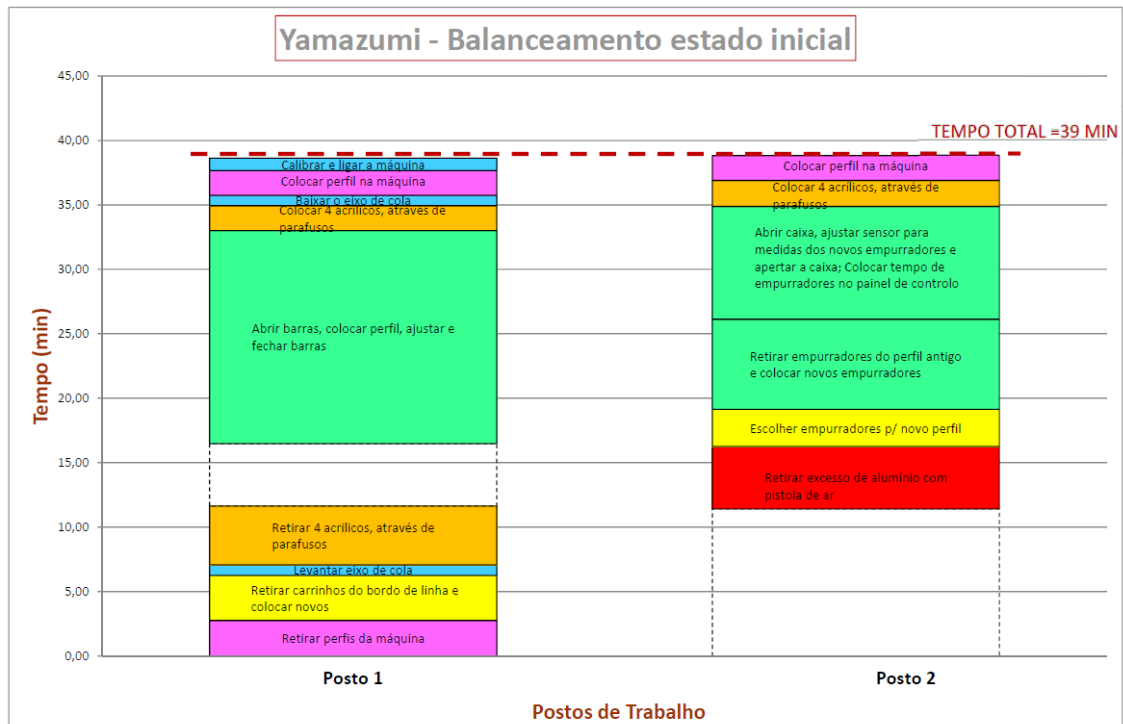


Gráfico 3 – Balanceamento do Estado inicial – Empresa X

O tempo total para a mudança de ferramenta foi de 38 min e 50 seg.

Analisando por tarefa os tempos, temos:

- ❖ a **roxo** – as tarefas de retirar e colocar perfil são tarefas que podem ser reduzidas pois pode-se antecipar (no caso de retirar perfil) ou colocar menos perfil na situação de colocar perfil.
- ❖ a **amarelo** – as tarefas que podem ser convertidas em tarefas externas, ou podem (na melhor situação) ser eliminadas que é no caso da tarefa de escolher empurradores.
- ❖ a **azul** – as tarefas que envolve o painel de controlo. São tarefas que obrigam forçosamente que a máquina esteja parada.
- ❖ a **laranja** – tarefas que permitem o início do processo de mudança de ferramenta. Ou ao invés, permitem terminar o processo de mudança de ferramenta.
- ❖ a **verde** – tarefas que representam maioritariamente a mudança de ferramenta propriamente. Como se pode verificar, são as tarefas mais morosas.
- ❖ a **vermelho** – tarefa que obriga a um trabalho cuidadoso, apenas uma pessoa pode estar perto da máquina a realizar esta tarefa.

De forma a reduzir o tempo, optou-se por realizar a mudança de ferramenta com três pessoas, conforme se pode ver no gráfico seguinte (Gráfico 4).

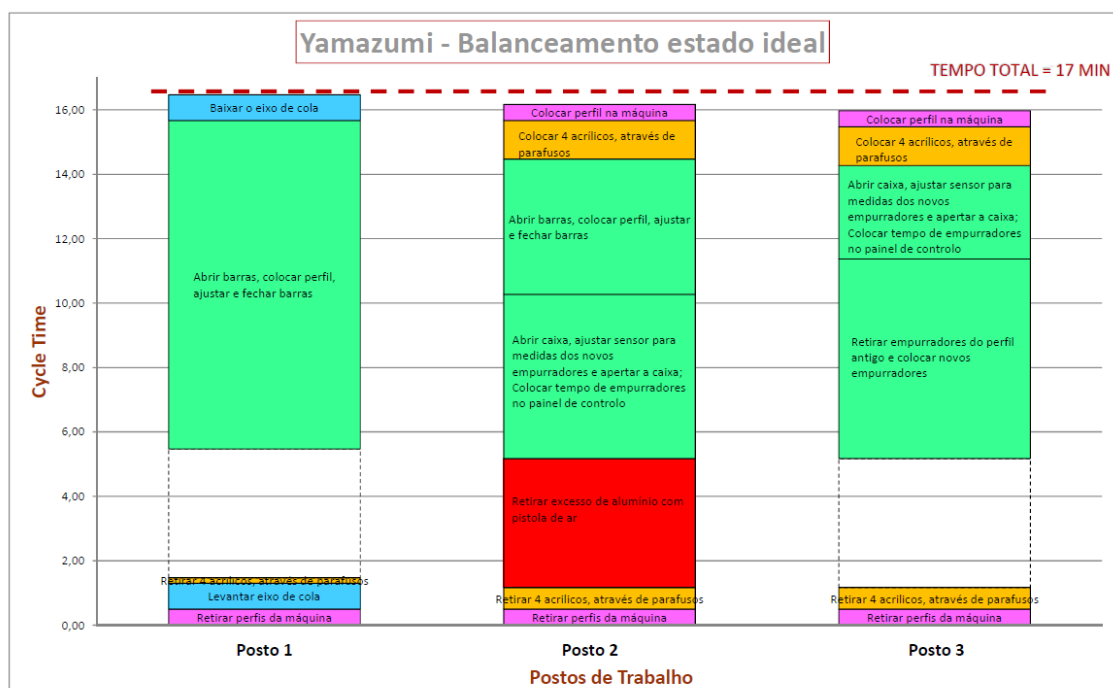


Gráfico 4 – Balanceamento estado ideal – Empresa X

O tempo total para a mudança de ferramenta com este balanceamento é de 16 min e 59 seg.

Na seguinte Tabela 15 apresenta-se os tempos do novo balanceamento.

Tabela 15 – Tempos de novo balanceamento – Empresa X

Tarefa	Tempo			
	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Total
Retirar perfis da máquina	0:00:30	0:00:30	0:00:30	00:01:30
Retirar carrinhos do bordo de linha e colocar novos	Eliminada	Eliminada	Eliminada	Eliminada
Levantar eixo de cola	0:00:48	-	-	0:00:48
Retirar 4 acrílicos, através de parafusos	0:00:11	0:00:40	0:00:40	00:01:31
Retirar excesso de alumínio c/ pistola de ar	-	0:04:00	-	00:04:00
Escolher empurradores p/ novo perfil	Eliminada	Eliminada	Eliminada	Eliminada
Retirar empurradores do perfil antigo e colocar empurradores	-	-	0:06:12	00:06:12
Abrir caixa, ajustar sensor e apertar a caixa; Colocar tempo de empurradores	-	0:05:06	0:02:54	00:08:00
Abrir barras, colocar perfil, ajustar e fechar barras	0:10:12	0:04:12	-	00:14:24

Colocar 4 acrílicos, através de parafusos	-	0:01:12	0:01:12	00:02:24
Baixa o eixo de cola	0:00:48	-	-	0:00:48
Colocar perfil	-	0:00:30	0:00:30	00:01:00
Calibrar e ligar a máquina	0:00:30	-	-	00:00:30

- Tornar operações de apertar e desapertar parafusos de forma mais rápida

Quando se retira os acrílicos tem que se desapertar 16 parafusos e quando se coloca os acrílicos o mesmo processo só que com aperto. Sendo que, a soma dos tempos da atividade de retirar os acrílicos e de os voltar a colocar ultrapassam os 5 minutos, estas atividades seriam mais rápidas se utilizássemos uma aparafusadora.

- Utilizar gestão visual

Nas caixas onde se coloca os empurradores, identificou-se a cores a numeração dos empurradores.

- Considerações finais

Antes de parar a máquina, deve-se retirar o perfil em excesso de modo a ficar só o necessário para fazer os quadros que faltam; Retirar os carrinhos de perfil antigo só no final da troca quando a máquina já estiver a funcionar; Antes da troca de ferramenta devem ir buscar os carrinhos com perfil novo; Deve-se colocar apenas cerca do mínimo permitido para a máquina começar a trabalhar e depois de a ligar encher.

Nesta fase também foram implementadas outras *Lean tools*, tais como: 5S e *Standard Work*. Por último, na fase Controlar, realizou-se novamente a ferramenta SMED para verificar que a mudança de ferramenta melhorou e realizou-se um VSD para certificar que o processo no geral melhorou através das ferramentas implementadas na fase anterior. Também se desenvolveu um documento de controlo de tempos, para avaliar as mudanças ao longo do tempo (anexo 8).

### 3.3 Análise e validação da metodologia *iLeanDMAIC* através dos resultados das soluções implementadas

Neste subcapítulo demonstra-se em forma de tabela os resultados das soluções implementadas com a aplicação da metodologia *iLeanDMAIC*.

PROPOSTAS/SOLUÇÕES	GANHOS QUALITATIVOS	GANHOS QUANTITATIVOS
Falha na entrega ao cliente do reservatório de 300L na Rubete	Metodologia <i>iLeanDMAIC</i> permitiu identificar este problema, abordando outros: lote elevado e acumulação de WIP entre processos.	Reduziu-se o lote de 30 para 12 unidades Redução do Lead Time de 66 dias para 36 – ganho de 55%
Redução do tempo de fluxo de um produto na Empresa X	Com a <i>iLeanDMAIC</i> foi possível identificar o problema: <i>changeover</i> elevado no processo de montagem. Através da implementação de SMED conseguiu-se reduzir o <i>changeover</i> do processo, tornando o fluxo produtivo mais eficiente.	Redução do <i>changeover</i> na máquina de montagem de 39 min para 17 min – ganho de 44%
Metodologia <i>iLeanDMAIC</i> permite identificar outros tipos de problemas.	Através do VSM e WID é possível identificar e quantificar os desperdícios, neste caso em concreto a existência de elevado WIP, permitindo que se reduza o lead time.	



# CONCLUSÕES



## 4 CONCLUSÕES

No presente capítulo, apresentam-se as principais conclusões obtidas ao longo de todo o projeto desenvolvido, bem como algumas propostas a desenvolver em trabalho futuro.

O principal contributo deste trabalho é permitir que as organizações possam resolver problemas de forma mais fácil, através da utilização de uma tabela que relaciona a metodologia DMAIC com *Lean tools*, *iLeanDMAIC*. O objetivo é que as organizações, quando deparadas para resolução de problemas, façam uso da metodologia desenvolvida neste trabalho.

Esta metodologia provou ser possível resolver problemas de forma mais fácil, para que melhore o desempenho das organizações, tendo-se validado a mesma com dois casos de estudo.

Na Rubete identificou-se um problema, nomeadamente a falha na entrega ao cliente pois o *Takt Time* não correspondia à procura. Mediante este problema, propôs-se diversas melhorias, incluindo (1) redução de lote que permite um fluxo de valor *Lean*, (2) redução do produto intermédio, (2) nivelamento da produção, (4) criação de supermercados, entre outras. Nesta fase pretendia-se unicamente uma primeira validação da metodologia.

Dado os resultados promissores da aplicação da integração das *Lean tools* com o DMAIC, procedeu-se a um estudo mais amplo recorrendo à empresa X. Na empresa X identificou-se um problema, nomeadamente o *lead time* elevado pois o *changeover* de um determinado processo apresentava-se elevado. Através da implementação obteve-se uma redução de tempo de 44% no setup do processo identificado como *bottleneck* (39 minutos para 17 minutos). A redução de *setups* permite que o fluxo de valor seja mais eficiente, possibilitando um maior rendimento do equipamento e que o *Takt Time* corresponda à procura exigida pelos clientes. Com esta prática, a organização consegue corresponder à expectativa de mercado e apresentar-se de forma competitiva em relação às outras organizações.

Embora seja evidente os benefícios da implementação desta metodologia nas organizações, esta requer pessoal especializado que utilize e entenda as ferramentas adequadas à procura dos problemas. Assim como, requer que estes saibam definir modos de ação para a sua resolução.

Muitas vezes as empresas não entendem a utilidade deste tipo de filosofia, o que conduz a um desperdício de recursos que as tornam obsoletas no mercado face às adversidades e às suas concorrentes. Além disso, a resistência à mudança por parte das empresas poderá ser um problema à aplicação desta metodologia. De facto, as

empresas têm de estar aptas e disponíveis a efetuar as alterações necessárias para a resolução dos problemas.

Com este projeto, a metodologia apenas foi validada em dois setores (Setor da Metalomecânica e Setor de outras obras de Madeira). No entanto, prevê-se a sua aplicabilidade positiva em outros setores. Sendo uma metodologia dinâmica, esta oferece uma multidiversidade de aplicações. Ou seja, prevê-se que identifique e resolva os problemas em qualquer tipo de organização, de forma eficaz e eficiente.

Como trabalho futuro, sugere-se a implementação da metodologia em outras organizações. Além disso, propõe-se um estudo mais aprofundado do seu impacto nas organizações, nomeadamente a recolha de informação mais detalhada do efeito da aplicação desta metodologia. No seguimento deste projeto seria necessário a recolha de valores referentes aos ganhos obtidos através das melhorias para a organização.

Conclui-se que os objetivos delineados no início deste projeto, foram cumpridos com sucesso. As ideias descritas neste trabalho servem de passo não só para a implementação prática desta metodologia nas organizações, como também para o desenvolvimento de outras metodologias que usem *Lean tools* e o DMAIC.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES  
DE INFORMAÇÃO**



## 5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- Aasland, K., & Blankenburg, D. (2012). An analysis of the uses and properties of the Obeya. In *2012 18th International ICE Conference on Engineering, Technology and Innovation* (pp. 1–10). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICE.2012.6297660>
- Amorim, P. (2014). *Análise e Aplicação de Técnicas Lean na Produção de Transformadores do Tipo Shell*. Universidade do Minho.
- Arnheiter, E. D., & Maleyeff, J. (2005). The integration of lean management and Six Sigma. *The TQM Magazine*, 17(1), 5–18. <https://doi.org/10.1108/09544780510573020>
- Audenino, A. (2012). Kaizen and Lean management autonomy and self-orientation, potentiality and reality... In *CCCA12* (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CCCA.2012.6417921>
- Automation, S. (2008). Andon Monitoring System. Retrieved March 10, 2018, from <http://www.scigate.com.my/types-of-product/andon-monitoring-system>
- Barone, S., & Franco, E. Lo. (2012). *Statistical and Managerial Techniques for Six Sigma Methodology*. (L. John Wiley & Sons, Ed.).
- Bateman, N., Philp, L., & Warrender, H. (2016). Visual management and shop floor teams – development, implementation and use. *International Journal of Production Research*, 54(24), 7345–7358. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1184349>
- Baykut, M. (2011). *EVALUATION OF LEAN SYSTEMS IN RAIL MAINTENANCE OPERATIONS*.
- Belekoukias, I., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2014). The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Research*, 52(18), 5346–5366. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.903348>
- Benitez, G. B., Silva, A. L. E., Nara, E. O. B., & Kipper, L. M. (2015). UTILIZAÇÃO DO DMAIC (DEFINIR, MEDIR, AGIR, MELHORAR, CONTROLAR) PARA DIAGNÓSTICO DE UMA ORGANIZAÇÃO, ATRAVÉS DE UM CHECKLIST. *Revista Jovens Pesquisadores*, 5(1), 60–73.
- Bicheno, J. (2008). *The Lean Toolbox*. (Picsie, Ed.).
- Boyle, T. A., Scherrer-Rathje, & Stuart, I. (2011). *Learning to be lean: the influence of external information sources in lean improvements*.
- Braglia, M., Frosolini, M., & Gallo, M. (2017). SMED enhanced with 5-Whys Analysis to improve set-upreduction programs: the SWAN approach. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90(5–8), 1845–1855. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9477-4>
- Cabral, J. P. S. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção - dos conceitos à prática*.

- (Lidel, Ed.) (5ª).
- Cakmakci, M. (2009). Process improvement: Performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 41(1–2), 168–179. <https://doi.org/10.1007/s00170-008-1434-4>
- Campos, C., Cardoso, R., & Fluminense, U. F. (2017). O uso do benchmarking interno aliado ao conceito de “ yokoten ” para a propagação de boas práticas em uma empresa multinacional do setor de óleo e gás.
- Carr, W. (2006). *Philosophy , Methodology and Action*, 40(4).
- Chakravorty, S. S. (2009). Six Sigma programs: An implementation model. *International Journal of Production Economics*, 119(1), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.01.003>
- Chen, J. C., Li, Y., & Shady, B. D. (2010). From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: An industrial case study. *International Journal of Production Research*, 48(4), 1069–1086. <https://doi.org/10.1080/00207540802484911>
- Cheng, C., & Chang, P. (2012). Implementation of the Lean Six Sigma framework in non-profit organisations: A case study. *Total Quality Management & Business Excellence*, 23(3–4), 431–447. <https://doi.org/10.1080/14783363.2012.663880>
- Coimbra, E. (2009). *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains* (1st ed.). Kaizen Institute.
- Coimbra, F. J. P. (2017). *Proposta de melhoria do programa Lean numa empresa de serviços*.
- Coleman, B. J., & Vaghefi, M. R. (1994). Heijunka (?): A key to the toyota production system. *Production and Inventory Management Journal*, 35(4).
- Conceição, A. C. M. da, & Major, M. J. M. F. (2011). Adoção do Six Sgma pelas 500 maiores empresas em portugal. *RBGN-Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, 13(40), 312–331. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-80054733894&partnerID=40&md5=3fa9fb80abf56a0d93416be86e602f74>
- Corporation, T. I. (2018). Toyota Industries Company. Retrieved from [https://www.toyota-industries.com/company/history/toyoda\\_sakichi/](https://www.toyota-industries.com/company/history/toyoda_sakichi/)
- Courtois, A., Pillet, M., & Martin-Bonnefous, C. (2007). *Gestão da Produção* (Lidel).
- Cruz, N. M. P. da. (2013). *Implementação de ferramentas Lean Manufacturing no processo de injeção de plásticos*. Universidade do Minho.
- Daniel, E. I. (2017). *EXPLORATORY STUDY INTO THE USE OF LAST PLANNER® SYSTEM AND COLLABORATIVE PLANNING FOR CONSTRUCTION PROCESS IMPROVEMENT*.
- Dedhia, N. S. (2005). Six Sigma Basics. *Total Quality Management*, 16(5), 567–574. <https://doi.org/10.1080/14783360410001680143>

- Demeter, K., Szász, L., & Rácz, B. (2016). The impact of subsidiaries' internal and external integration on operational performance. *Intern. Journal of Production Economics*, 182, 73–85. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.08.014>
- Dennis, P. (2006). *Lean Production simplified: A plain-language guide to the world's most powerful production system*. (C. Press, Ed.).
- Di Pietro, L., Guglielmetti Mugion, R., Mattia, G., Renzi, M. F., & Toni, M. (2015). The Integrated Model on Mobile Payment Acceptance (IMMPA): An empirical application to public transport. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 56, 463–479. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.05.001>
- Dias, P. (2009). *Utilização da Metodologia 6 Sigma num Processo Industrial*.
- Dias, T. (2012). *Projeto de Aumento de Produtividade e Redução de Inventário Kaizen Institute Consulting Group*.
- Dinis, C. (2016). *A Metodologia 5S e Kaizen Diário*.
- Domingues, J. P. D. (2013). *Aplicação de ferramentas lean e seis sigma numa indústria de sistemas de fixação*.
- Drohomeretski, E., Gouvea Da Costa, S. E., Pinheiro De Lima, E., & Garbuio, P. A. D. R. (2014). Lean, six sigma and lean six sigma: An analysis based on operations strategy. *International Journal of Production Research*, 52(3), 804–824. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.842015>
- Emiliani, M. L. (2013). Standardized work for executive leadership. *Leadership & Organization Development Journal*. [https://doi.org/Emiliani, M. L. \(2013\). Standardized work for executive leadership. Leadership & Organization Development Journal. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/MRR-09-2015-0216](https://doi.org/Emiliani, M. L. (2013). Standardized work for executive leadership. Leadership & Organization Development Journal. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/MRR-09-2015-0216)
- Félix, J. (2013). *Uma Metodologia Kaizen para a Gestão de Equipas Operacionais*.
- Fernando, L., & Evans, S. (2016). Competencies to move beyond eco-efficiency. *Procedia CIRP*, 40, 365–371. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.069>
- Ferreira, T. (2014). *Metodologias Lean na Logística interna da Bi-silque*.
- Fonseca, J. (2014). *Logística Interna : melhoria do processo de abastecimento a uma linha de montagem de bancadas*.
- Fornelos, J. (2016). *Implementação do Kaizen Diário numa Fábrica de Louça Metálica*.
- França, S. V. de S. (2013). *Implementação de Ferramentas de Lean Manufacturing e Lean Office*. *Feup*. Retrieved from <http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/69320/1/000155465.pdf>
- Freeman, R. E. (1984). *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. (Cambridge, Ed.).
- Freitag, A. (2015). *FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO PARA ADOÇÃO DA GESTÃO “ENXUTA” PELA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO*.

- Garcia, P. (2014). *Implementação da metodologia Kaizen no entreposto de logística inversa da Worten*.
- Gomes, F. (2012). *Projeto de Implementação de Kanbans e Consignação ( CMI / VMI ) com Fornecedores*.
- Gremlin, P. (2016). *Integrating Value Stream Mapping and DMAIC Methodology - A case study at TitanX*.
- Grimaud, F., Dolgui, A., & Korytkowski, P. (2014). Exponential Smoothing for Multi-Product Lot-Sizing With Heijunka and Varying Demand. *Management and Production Engineering Review*, 5(2), 20–26. <https://doi.org/10.2478/mper-2014-0013>
- Gunzi, A. S. (2015). Muri, Mura, Muda. Retrieved from <https://ideiasquecidas.com/2015/05/30/muri-mura-muda/>
- Gupta, N. (2013). An Application of DMAIC Methodology for Increasing the Yarn Quality in Textile Industry. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 6(1), 50–65. Retrieved from <http://www.iosrjournals.org/iosr-jmce/papers/vol6-issue1/H0615065.pdf>
- Henry Nieminen. (2016). *Improving maintenance in high-volume manufacturing*.
- Hinckley, C. M. (2007). Combining mistake-proofing and Jidoka to achieve world class quality in clinical chemistry. *Accreditation and Quality Assurance*, 12(5), 223–230. <https://doi.org/10.1007/s00769-007-0256-7>
- Hines, P., Bartolini, M., & Silvi, R. (2002). *Lean profit potential*. (L. E. R. Centre, Ed.).
- Hines, P., Found, P., Griffiths, G., & Harrison, R. (2011). *Staying Lean. Lean Enterprise Research Centre, Cardiff University*. Productivity Press. <https://doi.org/10.1201/b10492>
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420–437. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.001>
- Howell, V. W. (2014). Yokoten : Multiplying Lean Success, (May), 29–31.
- Hugos, M. (2003). *Essentials of Supply Chain Management*. (John Wiley & Sons, Ed.).
- Ikatrinasari, Z. F., & Haryanto, E. I. (2014). Implementation of Lean Service with Value Stream Mapping at Directorate Airworthiness and Aircraft Operation, Ministry of Transportation Republic of Indonesia. *Journal of Service Science and Management*, 07, 291–301. <https://doi.org/10.4236/jssm.2014.74026>
- Ikonen, M. (2011). *Lean Thinking in Software Development: Impacts of Kanban on Projects*.
- Institute, K. (2018). Masaaki Imai - Pioneiro Kaizen. Retrieved March 10, 2018, from <https://pt.kaizen.com/quem-somos/masaaki-imai-kaizen-pioneer-author-speaker.html>
- Jones, R., Latham, J., & Betta, M. (2013). Creating the illusion of employee empowerment : lean production in the international automobile industry, 24(8),

1629–1645.

- K.Srinivasan, S.Muthu, S.R.Devadasan, & C.Sugumaran. (2014). Enhancing effectiveness of shell and tube heat exchanger through six sigma DMAIC phases. *Procedia Engineering*, 97, 2064–2071. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.449>
- Karakhan, A. (2017). Six Sigma & Construction Safety - Using the DMAIC Cycle to Improve Incident Investigations. *Professional Safety*, 38–40.
- Kwak, Y. H., & Anbari, F. T. (2006). Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. *Technovation*, 26(5–6), 708–715. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2004.10.003>
- Lavado, J. A. R. (2016). *Lean and Six Sigma tools applied in a Pharmaceutical Company*. Lean Enterprise Institute, I. (n.d.). The Evolution toward Jidoka. Retrieved March 22, 2018, from <https://www.lean.org/lexicon/jidoka>
- Lee, H., & Seo, D. W. (2016). Performance evaluation of WIP-controlled line production systems with constant processing times. *Computers and Industrial Engineering*, 94, 138–146. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.02.006>
- Lee, K. L., & Wei, C. C. (2010). Reducing mold changing time by implementing Lean Six Sigma. *Quality and Reliability Engineering International*, 26(4), 387–395. <https://doi.org/10.1002/qre.1069>
- Leite, D. P. D. (2014). *Metodologia Seis Sigma: Implementação e Impacto nas PMEs Portuguesas*. Retrieved from <http://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/6256>
- Lermen, F. H., Echeveste, M. E., Peralta, C. B., Sonogo, M., & Marcon, A. (2018). A framework for selecting lean practices in sustainable product development: The case study of a Brazilian agroindustry. *Journal of Cleaner Production*, 191, 261–272. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.185>
- Liker, J., & Hoseus, M. (2008). *Toyota Culture: The heart and soul of the Toyota Way* (1st ed.). McGraw-Hill.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. (New York: McGraw-Hill, Ed.).
- Liker, J. K., & Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*. McGraw-Hill USA. <https://doi.org/10.1036/0071448934>
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5–20. <https://doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002>
- Lin, C., Chen, F. F., Wan, H. Da, Chen, Y. M., & Kuriger, G. (2013). Continuous improvement of knowledge management systems using Six Sigma methodology. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 29(3), 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2012.04.018>
- Lobo, M. (2017). *O lean Six Sigma aplicado aos Transportes e Logística*.

- Lopes, J. (2014). Implementação da metodologia DMAIC numa linha de produção de MDF, 115.
- Lu, J. C., & Yang, T. (2015). Implementing lean standard work to solve a low work-in-process buffer problem in a highly automated manufacturing environment. *International Journal of Production Research*, 53(8), 2285–2305. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.937009>
- Machikita, T., Tsuji, M., & Ueki, Y. (2016). Does Kaizen create backward knowledge transfer to Southeast Asian firms? *Journal of Business Research*, 69(5), 1556–1561. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.10.016>
- Maia, L. C., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2010). Metodologias Para Implementar Lean Production: Uma revisão crítica de literatura.
- Marksberry, P., Gregory, B., & Kreaflle, K. (2010). Management directed kaizen : Toyota ' s Jishuken process for management development. <https://doi.org/10.1108/17410381011063987>
- Mason, S. E., Nicolay, C. R., & Darzi, A. (2015). The use of Lean and Six Sigma methodologies in surgery: A systematic review. *Surgeon*, 13, 91–100. <https://doi.org/10.1016/j.surge.2014.08.002>
- Matzka, J., Di Mascolo, M., & Furmans, K. (2012). Buffer sizing of a Heijunka Kanban system. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23(1), 49–60. <https://doi.org/10.1007/s10845-009-0317-3>
- McAdam, R., & Lafferty, B. (2013). A multilevel case study critique of six sigma: statistical control or strategic change. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/MRR-09-2015-0216>
- McCarty, T., Daniels, L., Bremer, M., & Gupta, P. (2004). *The Six Sigma black belt handbook*. (T. M.-H. Companies, Ed.).
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Miltenburg, J. (2007). Level schedules for mixed-model JIT production lines: characteristics of the largest instances that can be solved optimally. *International Journal of Production Research*, 45(16), 3555–3577. <https://doi.org/10.1080/00207540701223394>
- Mobley, R. K., Higgins, R., & Wikoff, D. J. (2008). *Maintenance Engineering Handbook* (7th ed.). McGraw-Hill.
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: an integrated approach to just-in-time*. (G. 3rd edn. Engineering and Management Press, Norcross, Ed.).
- Monteiro, M., Pacheco, C., Carvalho, J., & Paiva, F. (2015). Implementing Lean Office : A Successful Case in Public Sector, 303–310. <https://doi.org/10.5937/fmet1504303M>
- Montgomery, D. (2001). No Title. *Angewandte Chemie International Edition*, 40(6),

9823. [https://doi.org/10.1002/1521-3773\(20010316\)40:6<9823::AID-ANIE9823>3.3.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/1521-3773(20010316)40:6<9823::AID-ANIE9823>3.3.CO;2-C)
- Mourtzis, D., Papathanasiou, P., & Fotia, S. (2016). Lean Rules Identification and Classification for Manufacturing Industry. In *Procedia CIRP*. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.097>
- Müller, M. M., & Hagner, O. (2002). Experiment about test-first programming. *IEE Proceedings - Software*, 149(5), 131. <https://doi.org/10.1049/ip-sen:20020540>
- Nagi, A., & Altarazi, S. (2017). Integration of value stream map and strategic layout planning into DMAIC approach to improve carpeting process. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 10(1), 74. <https://doi.org/10.3926/jiem.2040>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*.
- Nemoto, T., Hayashi, K., & Hashimoto, M. (2010). The Sixth International Conference on City Logistics Milk-Run logistics by Japanese automobile manufacturers in, 2, 5980–5989. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.04.012>
- Nunes, I. L. (2015). Integration of Ergonomics and Lean Six Sigma. A Model Proposal. *Procedia Manufacturing*, 3(Ahfe), 890–897. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.124>
- Nunes, M. (2013). *Aplicação dos Princípios da Manutenção Lean na Indústria Farmacêutica*.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production* (Productive). Portland.
- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through “Lean Tools”: An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082–1089. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing their Performance*. (McGraw-Hill, Ed.). New York.
- Pinto, E. (2015). *Kaizen como filosofia de Melhoria Contínua na Direção de Serviços Administrativos da SONAE*.
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*. (Lidel, Ed.) (6th ed.).
- Pires, H. I. V. (2016). Melhoria do fluxo e abastecimento de materiais aplicando ferramentas Lean numa empresa de aplicações têxteis para indústria automóvel.
- Plenert, G. (2010). *Reinventing lean: introducing lean management into the supply chain*. (Elsevier, Ed.).
- Poka-yoke exemplo. (n.d.). Retrieved March 21, 2018, from <https://thedailyomnivore.net/2012/09/08/poka-yoke/>
- Pool, A., Wijngaard, J., & Van Der Zee, D. J. (2011). Lean planning in the semi-process industry, a case study. *International Journal of Production Economics*, 131(1),

- 194–203. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.04.040>
- Products, L. (2018). 5S's. Retrieved March 23, 2018, from <http://www.leanproducts.eu/poster-5sleanproducts-2?parentCategory=14>
- Quadros, M. (2014). *Análise de Perdas e Criação de Fluxo no Sector de Nutrição Infantil*.
- Quelhas, L. (2010). *Kaizen na Indústria Alimentar* Kaizen Institute.
- Raghunath, A. (2014). Six Sigma Implementation By Indian Manufacturing Smes -an Empirical Study. *Academy of Strategic Management Journal*, 13(1), 35–56.
- Rahman, A., Shaju, S. U. C., Sarkar, S. K., Hashem, M. Z., Hasan, S. M. K., Mandal, R., & Islam, U. (2017). A Case Study of Six Sigma Define-Measure- Methodology in Garment Sector. *INDEPENDENT JOURNAL OF MANAGEMENT & PRODUCTION (IJM&P)*, 8(4), 1309–1323. <https://doi.org/10.14807/ijmp.v8i4.650>
- Raposo, R., Pereira, G., & Dias, L. (2009). Simulation of a milk run material transportation system in the semiconductors industry. Eurosis-Eti.
- Rebelo, P. A. (2016). *Relatório de estágio na Renault CACIA - Implementação do ciclo DMAIC*.
- Robertson, J. (2000). The three Rs of action research methodology: reciprocity, reflexivity and reflection-on-reality. *Educational Action Research*, 8(2), 307–326. <https://doi.org/10.1080/09650790000200124>
- Rocha, J. (2015). *Aplicação Da Metodologia Dmaic a Uma Linha De Produção De Cartão Canelado*.
- Romero, F., & Andery, P. (2016). *Gestão de Megaprojetos: uma abordagem Lean*. (2016 Brasport, Ed.).
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: Value stream mapping to add value and eliminate muda*.
- Rubete, S. A. (2015). Rubete. Retrieved September 13, 2018, from <http://www.rubete.com/>
- Sá, J. C. (2010). *Modelo de Análise e Diagnóstico de uma Unidade Produtiva*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/1822/19879>
- Sá, J. C., Dinis-Carvalho, J., & M.Sousa, R. (2011). Waste Identification Diagrams, 1–7.
- Sadjadi, S. J., Jafari, M., & Amini, T. (2009). A new mathematical modeling and a genetic algorithm search for milk run problem ( an auto industry supply chain case study ), 194–200. <https://doi.org/10.1007/s00170-008-1648-5>
- Sahoo, A. K., Singh, N. K., Shankar, R., & Tiwari, M. K. (2008). Lean philosophy: Implementation in a forging company. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 36(5–6), 451–462. <https://doi.org/10.1007/s00170-006-0870-2>
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production.

- Journal of Operations Management*, 25(4), 785–805.  
<https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.019>
- Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System*.
- Shook, J. (2008). *Managing to Learn: using the A3 management process to solve problems, gain agreement, mentor and lead*. Lean Enterprises Inst Inc; Pap/Chrt edition (June 1, 2008).
- Shook, J. (2009). Toyota's secret. *MIT Sloan Management Review*, 50(4), 30., (50408).
- Shook, V. (2018). A3 Report Template. Retrieved September 15, 2018, from <https://www.lean.org/common/display/?o=1314>
- Silva, F. (2012). *Implementação da filosofia KAIZEN na Pintura e Vidração na Matcerâmica - Fabrico de Louça, S. A.*
- Sin, A. B., Zailani, S., Iranmanesh, M., & Ramayah, T. (2015). Structural equation modelling on knowledge creation in Six Sigma DMAIC project and its impact on organizational performance. *International Journal of Production Economics*, 168, 105–117. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.06.007>
- Snee, R. D. (2010). "Lean Six Sigma – getting better all the time." *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(1), 9–29. Retrieved from <https://doi.org/10.1108/20401461011033130>
- Sreedharan, V. R., Raju, R., Rajkanth, R., & Nagaraj, M. (2018). An empirical assessment of Lean Six Sigma Awareness in manufacturing industries: construct development and validation. *Total Quality Management and Business Excellence*, 29(5–6), 686–703. <https://doi.org/10.1080/14783363.2016.1230470>
- Steenkamp, L. P., Hagedorn-Hansen, D., & Oosthuizen, G. A. (2017). Visual Management System to Manage Manufacturing Resources. *Procedia Manufacturing*, 8(October 2016), 455–462. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.058>
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553–564. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>
- Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. *Administrative Science Quarterly*, 23(4), 582. <https://doi.org/10.2307/2392581>
- Teixeira, G. (2014). *Otimização de Cadeias de Abastecimento*.
- Terenghi, F., Cassina, J., Kristensen, K., & Terzi, S. (2014). Virtual obeya: A new collaborative web application for running lean management workshops. In *2014 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE)* (pp. 1–7). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICE.2014.6871554>
- Toyota. (2018). Origem da marca Toyota. Retrieved from <https://www.toyota.pt/world-of-toyota/toyota-no-mundo/toyota-in-the->

world.json

Tyng, N. B. (2013). *PRODUCTIVITY IMPROVEMENT BY USING LEAN SIX SIGMA APPROACH ( A CASE STUDY AT FURNITURE COMPANY )*.

Vaanela, T. (2015). *Process Development Using the Lean Six Sigma Methodology*.

Van Scyoc, K. (2008). Process safety improvement—Quality and target zero. *Journal of Hazardous Materials*, 159(1), 42–48. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.02.036>

Verbano, C., Crema, M., & Nicosia, F. (2017). Visual management system to improve care planning and controlling: the case of intensive care unit. *Production Planning & Control*, 28(15), 1212–1222. <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1358830>

Wang, F.-K., & Chen, K.-S. (2012). Application of Lean Six Sigma to a panel equipment manufacturer. *Total Quality Management & Business Excellence*, 23(4), 417–429. <https://doi.org/10.1080/14783363.2011.593876>

Wilson, L. (2010). *How To Implement Lean Manufacturing*.

Womack, J. P. (1996). The Psychology of Lean Production. *Applied Psychology: An International Review*, 45(2), 119–122. <https://doi.org/10.1201/b11898>

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148–1148. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600967>

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). The machine that changed the world. *Long Range Planning*, 25(3), 126. [https://doi.org/10.1016/0024-6301\(92\)90400-V](https://doi.org/10.1016/0024-6301(92)90400-V)

Zuber-Skerritt, O., & Perry, C. (2002). Action research within organisations and university thesis writing. *The Learning Organization*, 9(4), 171–179. <https://doi.org/10.1108/09696470210428895>

**ANEXOS**



## 6 ANEXOS

### 6.1 ANEXO1



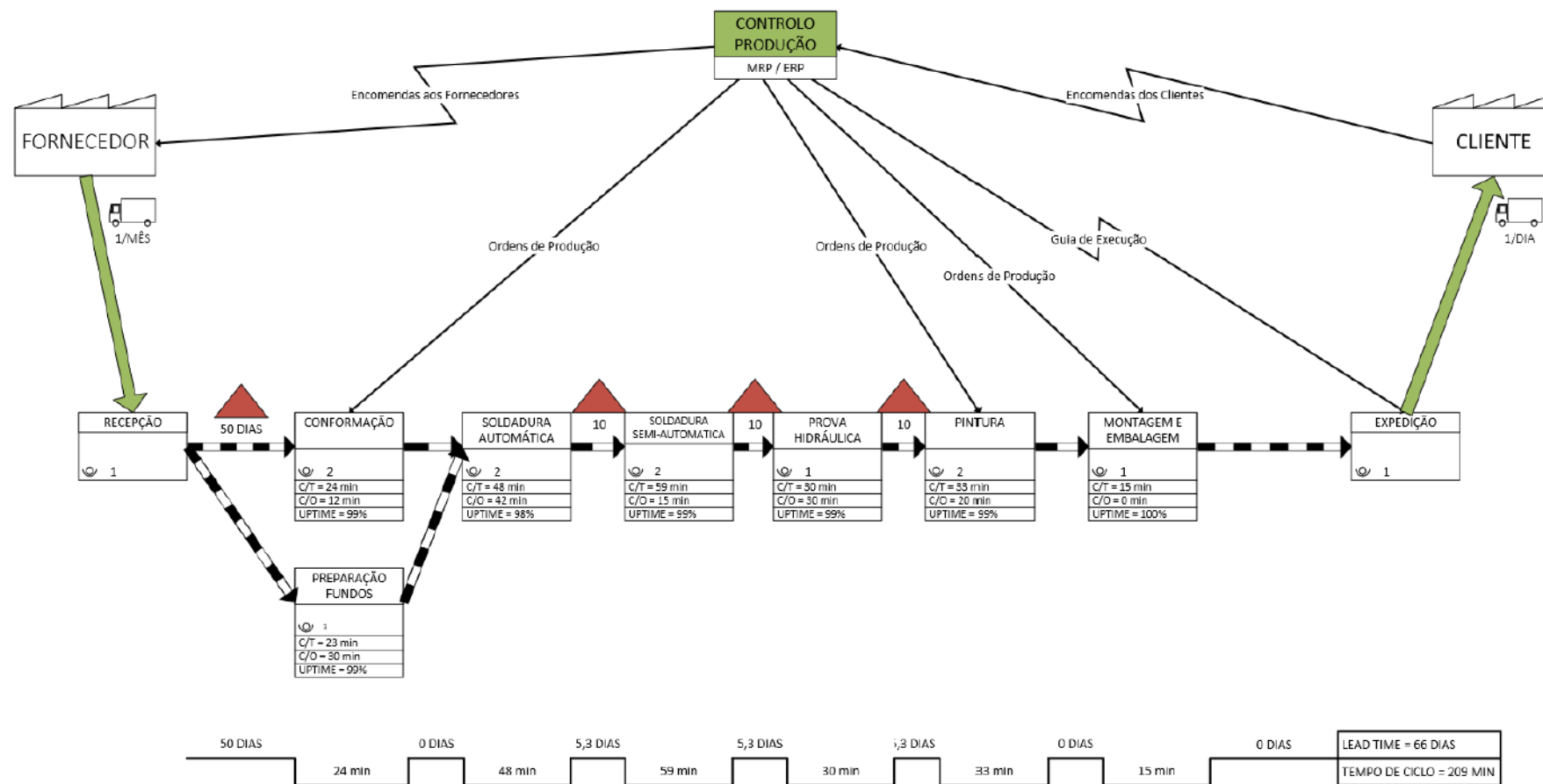
Figura 37 – Reservatório 300L vertical – Rubete

6.2 ANEXO2

VALUE STREAM MAPPING



RUBETE

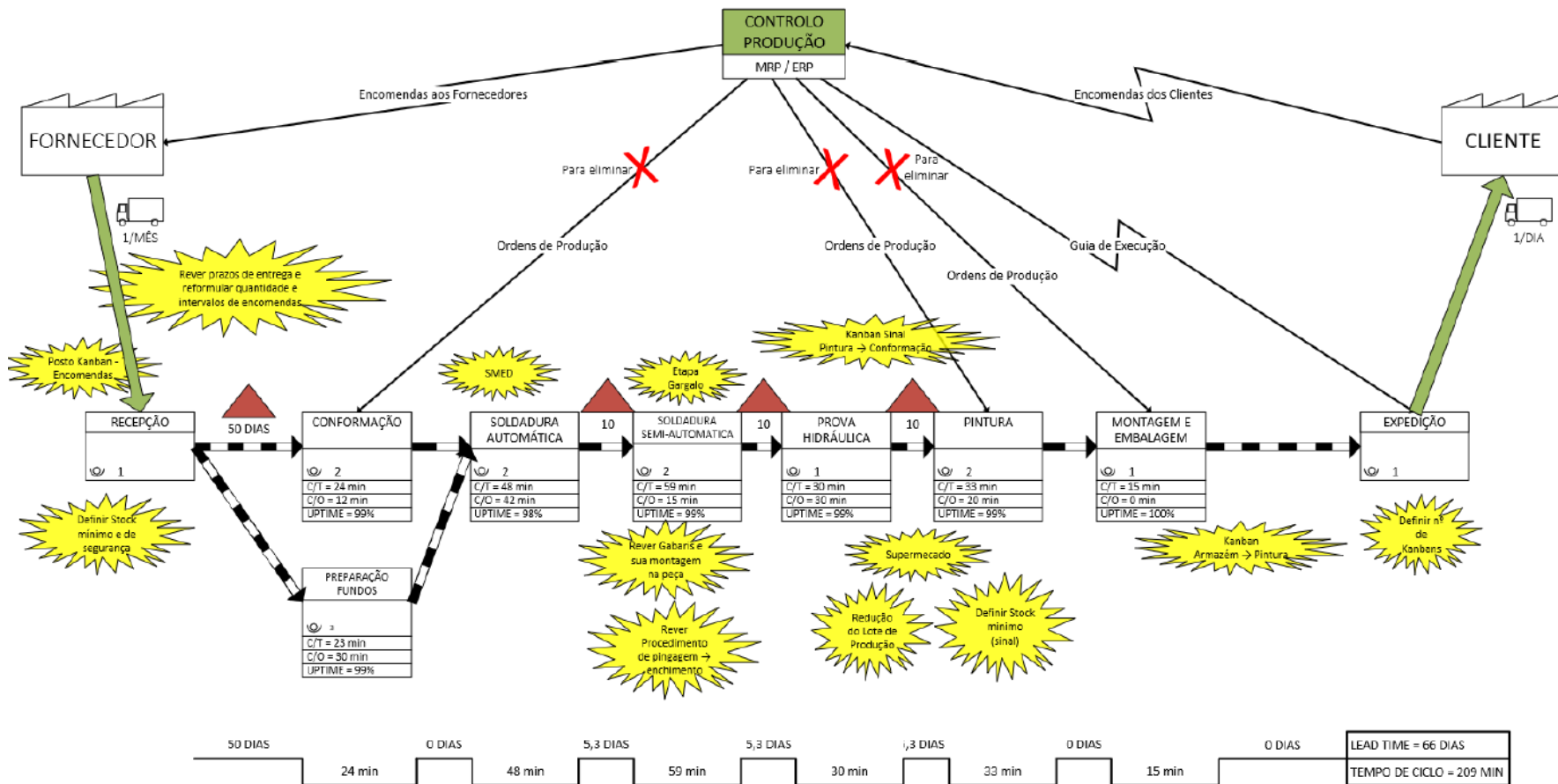


6.3 ANEXO3

VALUE STREAM MAPPING



RUBETE

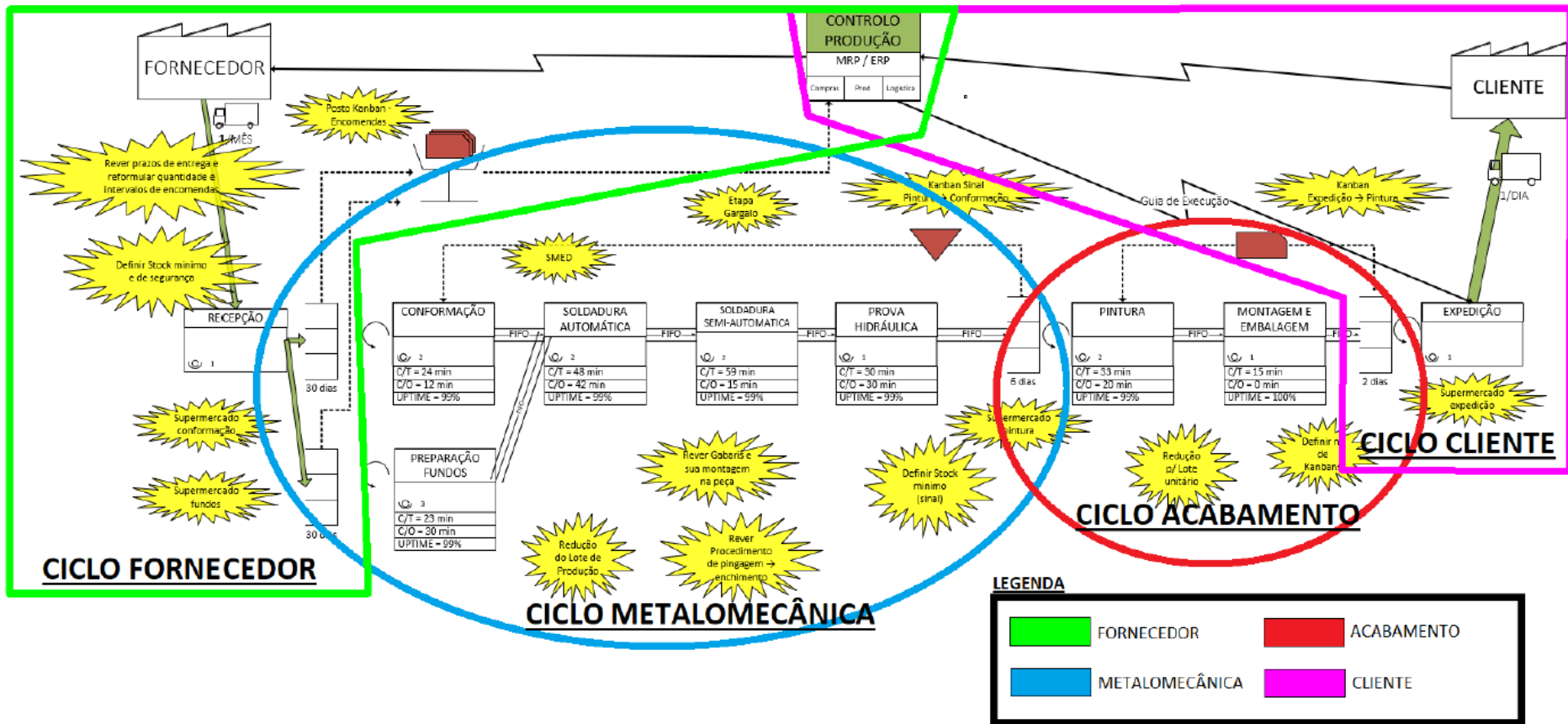


6.4 ANEXO4



VALUE STREAM MAPPING

RUBETE

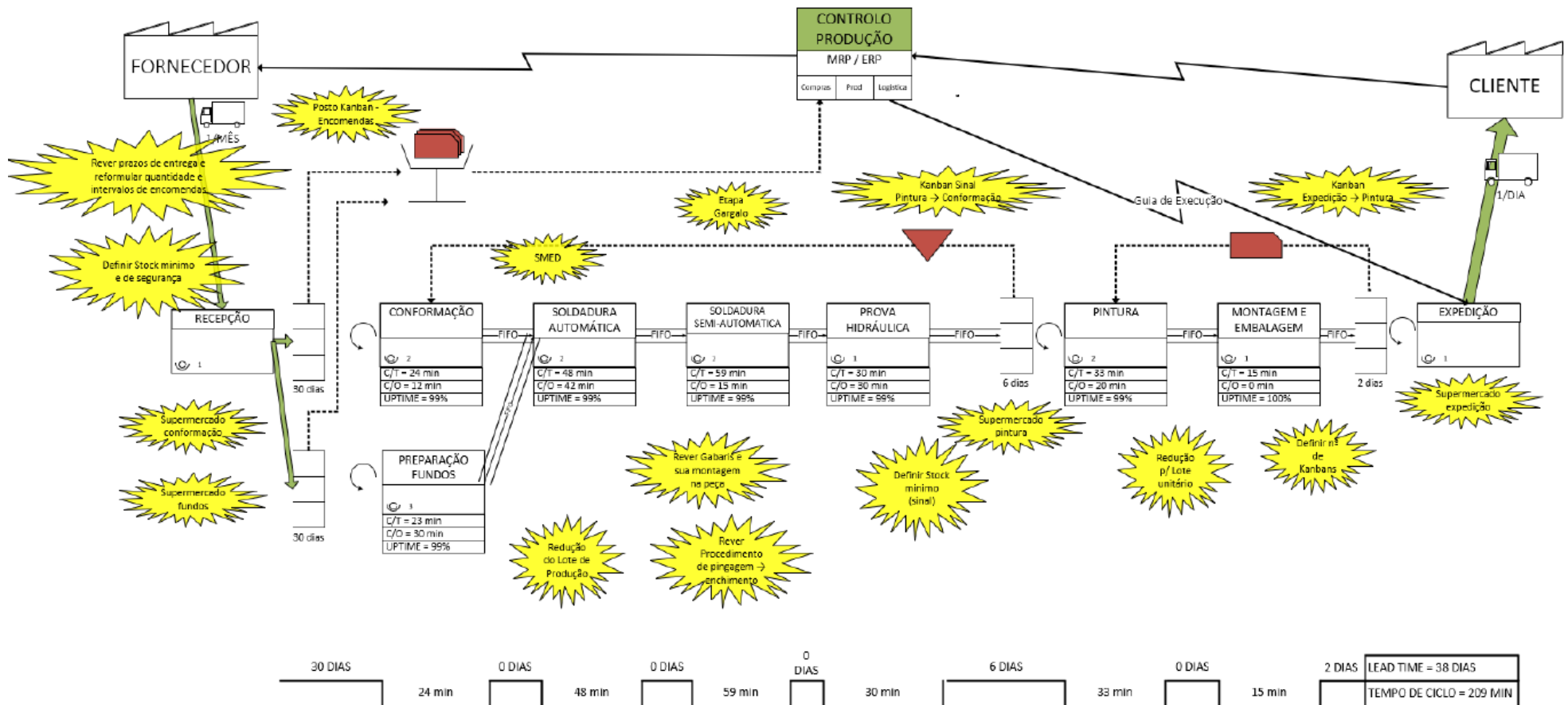


6.5 ANEXO 5

# VALUE STREAM MAPPING



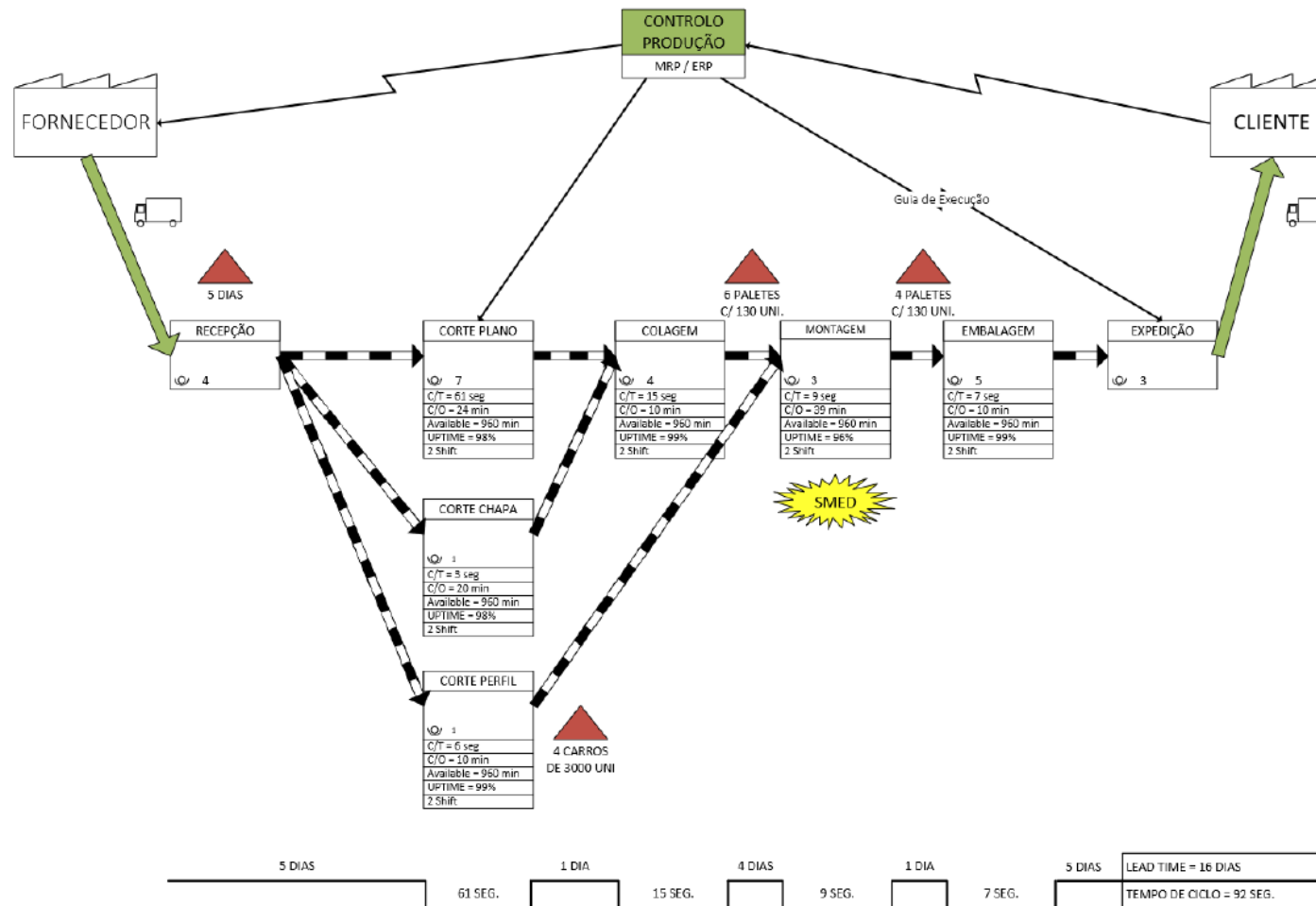
RUBETE



6.6. ANEXO 6

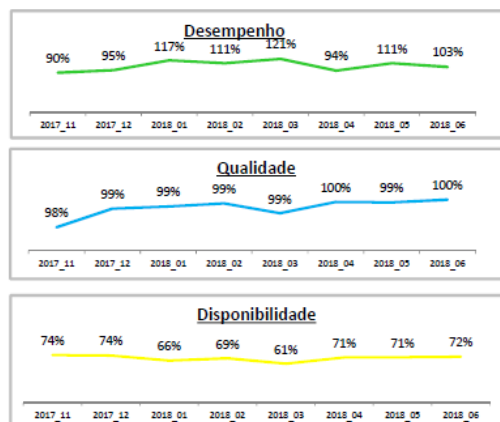
VALUE STREAM MAPPING

EMPRESA X  
Empresa X

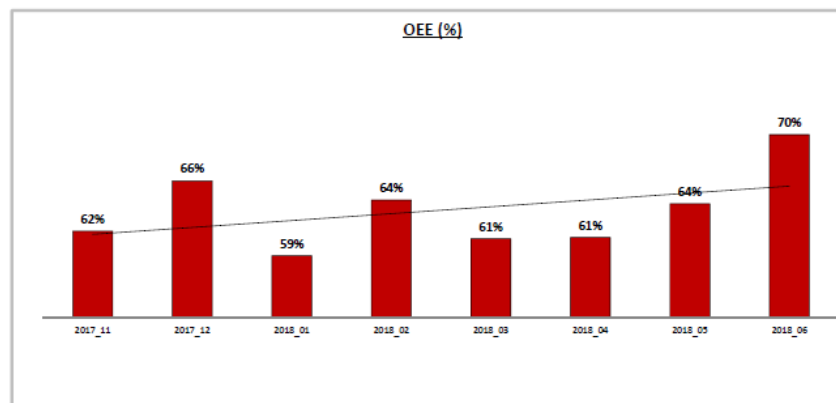


6.7 ANEXO 7

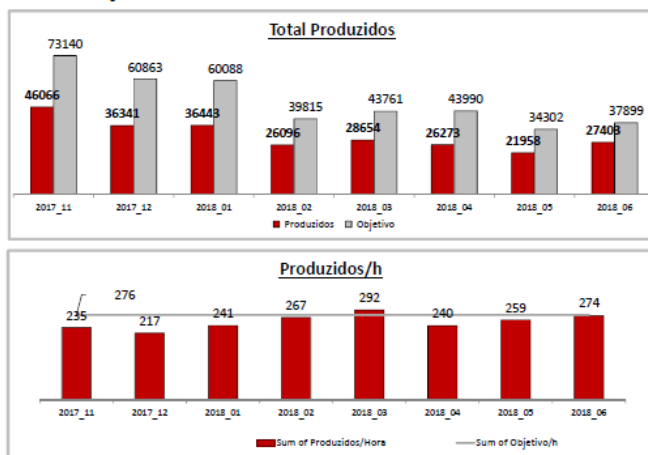
**INDICADORES KPI - Montagem 120x90**



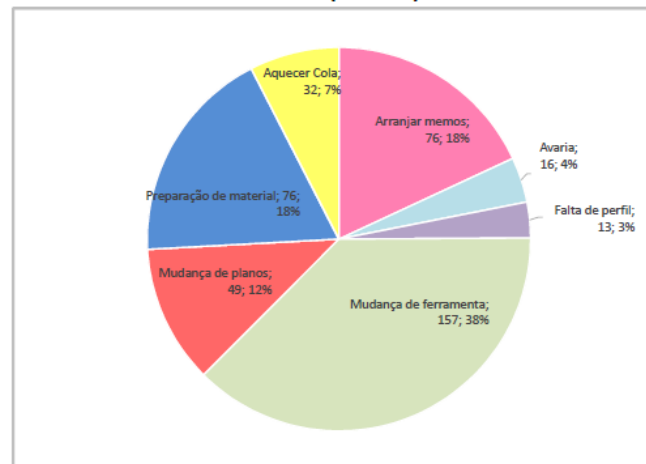
**OEE**



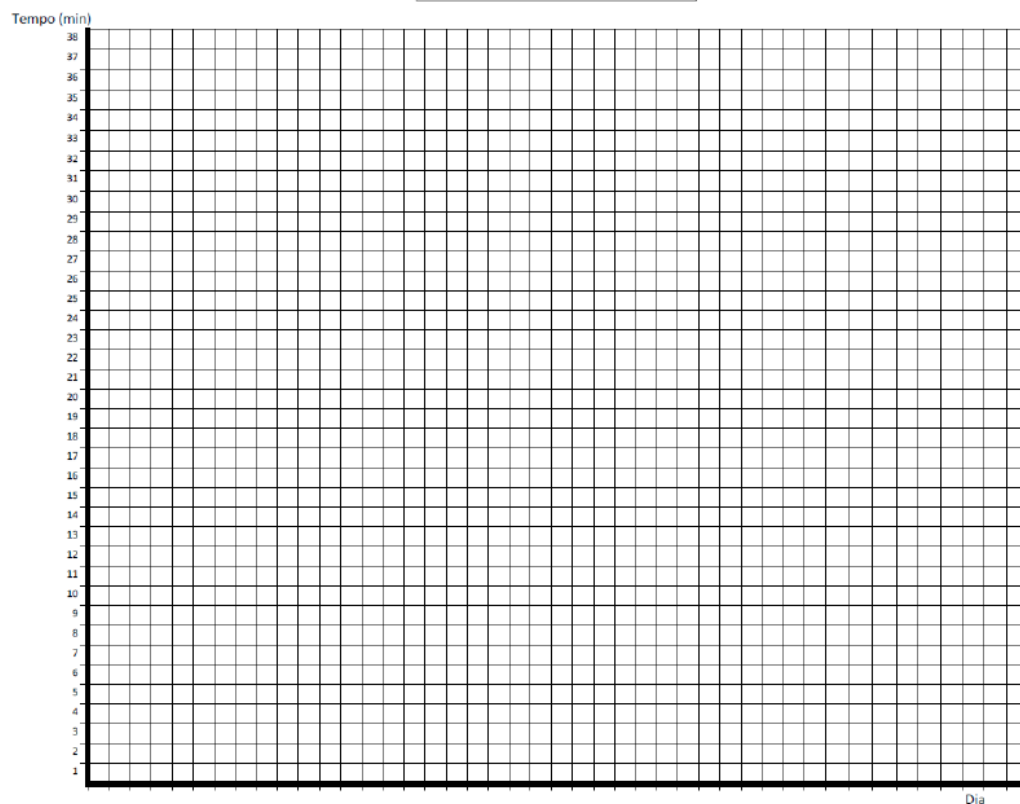
**PRODUÇÃO**



**PARAGENS NÃO PLANEADAS (HORAS)**



## 6.8 ANEXO 8

**CONTROLO DE TEMPOS****Máquina:** 120x90 Montagem**Mês:** \_\_\_\_\_**EMPRESA X**

- A - Perfil 1 para Perfil 2
- B - Perfil 1 para Perfil 3
- C - Perfil 1 para Perfil 4
- D - Perfil 2 para Perfil 1
- E - Perfil 2 para Perfil 3
- F - Perfil 2 para Perfil 4
- G - Perfil 3 para Perfil 1
- H - Perfil 3 para Perfil 2
- I - Perfil 3 para Perfil 4
- J - Perfil 4 para Perfil 1
- K - Perfil 4 para Perfil 2
- L - Perfil 4 para Perfil 3
- X - Outros ...

NOTA: Preencher sempre que houver mudança da máquina;

Colocar o número da mudança e o dia.