



Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

Otimização da produção e aplicação de ferramentas de melhoria contínua

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Autor

José Ricardo Pereira Lopes

Orientador

Professor Doutor José Manuel Torres Farinha

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Instituto Politécnico de Coimbra

Coimbra, abril, 2019

Agradecimentos

Ao Professor Doutor e Orientador José Manuel Torres Farinha por todo o acompanhamento e toda a disponibilidade demonstrada durante a elaboração deste relatório de estágio.

A toda a equipa *Triangle's – Cycling Equipments SA*, pelo apoio demonstrado, disponibilidade e também pela transmissão de conhecimentos essenciais para a elaboração deste relatório de estágio, com especial agradecimento ao Engenheiro André Martins, Engenheiro Luís Pedro, Engenheira Catarina Pedro, Engenheiro Tiago Simões, Engenheiro Ricardo Pereira, e ao Sr. Manuel Correia.

Aos meus pais e irmão, por todo o apoio, sem a ajuda deles não seria possível realizar este estágio.

À minha namorada, pela paciência, compreensão e apoio nos momentos mais necessários.

Resumo

A cada ano que passa, o mercado torna-se mais competitivo, pelo que as empresas precisam de aumentar a sua produtividade para enfrentarem a forte concorrência, bem como apostar numa gestão com foco nas ferramentas de melhoria contínua.

O essencial para uma empresa é aumentar a sua produtividade, com mais qualidade, sem desperdícios, com recursos racionais, para se tornarem e manterem competitivas e lucrativas nos mercados atuais, que são cada vez mais exigentes.

A filosofia *Lean Manufacturing* abrange todas as características anteriormente descritas, tendo como objetivo tornar as empresas competitivas, suportando-se em ferramentas de gestão visando a eliminação de desperdícios, com foco na melhoria contínua.

O presente relatório tem como objetivo descrever as atividades desenvolvidas pelo autor, que se focaram na otimização da produção, designadamente em ferramentas de melhoria contínua e na sua implementação, no setor de soldadura, na empresa metalomecânica *Triangle's Cycling Equipments, SA*.

O estágio começou com a análise do sistema produtivo da empresa, seguindo-se a implementação de soluções visando a otimização da produção e a melhoria contínua. Após a fase inicial de adaptação, foram analisados os centros de trabalho do setor produtivo onde se poderia, com recurso a ferramentas *Lean*, melhorar a produtividade. Posteriormente, iniciou-se a implementação de algumas ferramentas de melhoria contínua, tais como, *PDCA*, *5S*, *SMED*, *Kanban* e *OEE*.

Em suma, com as análises ao sistema produtivo do setor e com a implementação das ferramentas de melhoria contínua, foi possível superar a produtividade e reduzir os desperdícios, tendo ainda sido identificadas algumas lacunas para resolução futura.

Palavras-chave

Lean Manufacturing; PDCA; 5S; SMED; Melhoria contínua; Gestão de produção

Abstract

Year after year, the market becomes more competitive, so companies need to increase their productivity to face the strong competition, as well as to bet on management focus on continuous improvement tools.

The essential for a company is to increase its productivity, with more quality, without waste, with rational resources, to become and remain competitive and profitable in the current markets, which are increasingly demanding.

The philosophy *Lean Manufacturing* embraces all the characteristics previously described, aiming to make the companies competitive, supporting themselves in management tools aimed at eliminating waste, and focusing on continuous improvement.

This report aims to describe the activities developed by the author, which are focused on the optimization of production, in particular in tools of continuous improvement and its implementation, in the welding sector, in the metalworking company *Triangle's Cycling Equipment, SA*.

The internship began with the analysis of the company's production system, followed by the implementation of solutions aimed at optimizing production and continuous improvement. After the initial adaptation phase, the work centers of the productive sector were analyzed, with the use of tools *Lean*, Improve productivity. Subsequently, the implementation of some continuous improvement tools was initiated, such as *PDCA*, *5S* and *SMED*.

In summary, with the analysis of the sector's production system and the implementation of the continuous improvement tools, it was possible to improve its productivity, to reduce waste, and some gaps for future resolution were also identified.

Keywords: *Lean Manufacturing*; PDCA; 5S; SMED; Continuous improvement, production management.

Índice

Índice	vii
Índice de figuras	ix
Índice de tabelas	xi
Abreviaturas.....	xiii
Glossário.....	xv
CAPÍTULO 1 – Introdução	1
1.1- Enquadramento.....	1
1.2- Motivação para o tema e objetivos.....	1
1.3- Estrutura do relatório.....	2
CAPÍTULO 2 - Enquadramento Teórico	5
2.1- <i>Lean Manufacturing</i>	5
2.1.1- Origem e evolução – Toyota Production System.....	5
2.1.2- Glossário da filosofia <i>Lean</i>	8
2.1.3- Princípios da filosofia <i>Lean</i>	10
2.1.4- Os Sete desperdícios	12
2.2- Ferramentas e metodologia <i>Lean Manufacturing</i>	17
2.2.1- Value Stream Mapping	17
2.2.2- Ciclo PDCA	24
2.2.3- 5S.....	25
2.2.4- SMED (Single Minute Exchange of Die)	28
2.2.5. Overall Equipment Effectiveness	32
2.2.6- Kanban	34
2.3- A importância da qualidade	38
Capítulo 3 – Desenvolvimento do estágio / projeto	41
3.1- Caracterização da empresa	41
3.1.1- Apresentação da empresa	41
3.1.2. Contexto da Organização.....	42
3.1.3. Visão e Valores.....	42
3.1.4- Organograma da empresa.....	43
3.2- Apresentação do problema para o estudo de caso.....	45

3.3- Aplicação prática dos conceitos.....	46
3.3.1- Aplicação do Value Stream Mapping.....	46
3.3.2- Aplicação dos conceitos 5S	52
3.3.3- Aplicação do conceito SMED	60
3.3.4- Aplicação dos conceitos Kanban	65
3.3.5- Redução de desperdícios.....	68
3.3.6. Overall Equipment Effectiveness	73
3.3.7- Controlo dimensional.....	75
Capítulo 4 – Conclusões e propostas de trabalhos futuros.....	81
Referências bibliográficas.....	85
Anexos	87
Anexo 1	87
Anexo 2	89
Anexo 3	90
Anexo 4	91
Anexo 5	92
Anexo 6	94

Índice de figuras

Figura 1- O sistema de produção da Toyota (TPS), (Pinto, 2009)	7
Figura 2- Princípios da filosofia Lean Thinking, (Moreira, 2010).....	10
Figura 3 - Icone de VSM (Fonte: https://www.nortegubisian.com.br/blog/value-stream-mapping-vsm).....	19
Figura 4- Representação do fluxo de valor (Fonte: Rother & Shook, 1999).....	19
Figura 5 As quatro etapas da construção do VSM (Fonte: Rother & Soock 1999)	20
Figura 6 - Ciclo PDCA (Fonte: Kierownik Projektu).....	25
Figura 7- Representação dos 5S (Fonte:Nxfacil)	26
Figura 8- SMED (Shingo, 2000)	30
Figura 9- Princípio de funcionamento do sistema Kanban (Chiarini, 2012).....	37
Figura 10- Exemplo de um quadro e seus constituintes	41
Figura 11- Organograma da empresa Triangle's	44
Figura 12- VSM inicial.....	48
Figura 13- VSM final	51
Figura 14 - Linha de produção	53
Figura 15- Layout da Linha de produção	53
Figura 16- Ficha de Melhoria N° 1	55
Figura 17- Ficha de melhoria N.º2	56
Figura 18- Ficha de Melhoria n.º3	57
Figura 19- Ficha de melhoria n.º4	58
Figura 20- Ficha de melhoria n.º5	58
Figura 21- Ficha de melhoria n.º 6	59
Figura 22- Organização da bancada de ferramentas.....	64
Figura 23- Aquisição de um carro de ferramentas	65
Figura 24 - Cartão Kanban (Fonte: própria).....	67
Figura 25 - Caixa de tubos com cartão Kanban.....	67

Figura 26- Layout OP340 das atividades na situação anterior.....	71
Figura 27- Layout OP340 das atividades na situação atual	72
Figura 28 - Métricas OEE final.....	75
Figura 29 - Métricas OEE inicial	75
Figura 30- Paquímetro	76
Figura 31- Medidor de profundidade	76
Figura 32- Medidor de alturas.....	77
Figura 33- Suta.....	77
Figura 34- Inclínómetro	77
Figura 35- Apalpa folgas.....	78
Figura 36- Relógio comparador	78
Figura 37- Esquadro.....	79

Índice de tabelas

Tabela 1- Open Point List (Fonte: Própria).....	25
Tabela 2- Estágios conceituais do SMED e técnicas associadas (Shingo, 1985).....	32
Tabela 3- OPL 5S	54
Tabela 4- OPL SMED	62
Tabela 5- Resumo do tempo da atividade SMED	64
Tabela 6 - Atividades OP340 na situação anterior	71
Tabela 7- Atividades OP340 na situação atual.....	72

Abreviaturas

- 5S – Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke
- BB – Bottom Bracket
- CNC – Controlo Numérico Computorizado
- CS- Chain Stay
- DT – Down tube
- HT – Head Tube
- IMPV – International Motor Vehicle Program
- ISO 9000 – Norma de Gestão de qualidade
- ISO14001 – Norma de Gestão ambiental
- ISO9001 – Norma de Gestão qualidade
- JIC – Just in Case
- JIT – Just in Time
- MFV – Mapeamento do Fluxo de Valor
- OEE – Overall Equipment Effectiveness
- OMCD – Operations Management Consulting Division
- OPL – Open Point List
- OSHAS 18001/NP 4397
- PDCA – Plan, Do, Check, Act
- SG – Sistema de Gestão
- SMED – Single Minute Exchange of Die
- SS – Seat Stay
- SST – Segurança e Saúde no Trabalho
- ST – Seat Tube
- SWOT - Strengths, Weakness, Opportunities e Threats
- TPM – Total Productive Maintenance
- TPS – Toyota Production System

TT – Top Tube

VSM – Value Stream Mapping

Glossário

Bridge	Constituinte de quadro de bicicleta
Bullwhip	Chicote
Check	Verificar
Checklist	Lista de verificações
Clipboards	Placa dura e rígida com clip na parte superior para colocar papeis
Do	Fazer
E- Bikes	Bicicletas elétricas
Equipments	Empresa de quadros de bicicleta
eVSM	Programa informático
Heijunka	Nivelar a produção
International Motor Vehicle program	Programa Internacional de Veículos Motorizados
Just in Time	No tempo certo
Kanban	Cartão de sinalização que controla os fluxos de produção ou transportes
Layout	Esquema fabril
Lead Time	Período entre o início de uma atividade e o seu término
Lean Manufacturing	Conjunto de ferramentas que auxilia uma identificação e eliminação o desperdício
Loom Works	Empresa Têxtil
Open Point List	Tabela de pontos em aberto
Operations Management Consulting Division	Divisão de Consultoria de Gestão de Operações

Pacemaker	Processo que determina todos os restantes
Plan	Planear
Poka-Yoke	Sistema ou método à prova de erro
Quadro Gent	Quadro de Homem
Quadro Lady	Quadro de Mulher
Seiketsu	Normalizar
Seiri	Organizar
Seiso	Limpar
Seiton	Arrumar
Setup	Troca de ferramentas
Shims	Calços
Shitsuke	Autodisciplina
SigmaFlow VSM	Programa informático
Single-minute	Dígito único
Software Microsoft Visio	Programa informático
Stakeholders	Todos os intervenientes de uma organização
Standard	Padrão
Stocks	Quantidade de peças armazenadas num dado momento
Takt-time	Ritmo da procura do cliente
Template	Modelo de documento a ser seguido
Total Quality Management	Gestão da Qualidade Total
Toyoda Automatic	
Toyota Motor Co	Empresa automobilística
Toyota production System	Sistema de Produção Toyota
Triangle' s Cycling	
Value Stream Mapping	Mapeamento do Fluxo de Valor

CAPÍTULO 1 – Introdução

1.1- Enquadramento

O presente relatório de estágio foi elaborado no âmbito da unidade curricular de Estágio, com vista à conclusão do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, tendo sido desenvolvido na empresa *Triangle's, Cycling Equipments S.A*, entre o período de outubro de 2017 e junho de 2018.

A *Triangle's, Cycling Equipments S.A* é uma empresa do setor da indústria metalomecânica.

Atualmente verifica-se a crescente necessidade das indústrias apostarem na otimização da produção, sendo fundamental abranger os conhecimentos técnicos dos produtos e dos processos de fabrico, apostando na melhoria contínua e diminuição dos desperdícios durante o processo de produção. O sistema de produção mais utilizado para concretizar estes objetivos é o sistema de produção Toyota, em que as empresas se baseiam na filosofia *Lean Manufacturing*, através da utilização das suas ferramentas.

Esta filosofia, de acordo com Ghinato (2000), pretende envolver e integrar a produção e todas as partes da organização, aumentando a segurança e a moral dos trabalhadores, para se conseguir otimizar a indústria com a finalidade de responder às necessidades do cliente com a melhor qualidade, no menor tempo possível e com o menor desperdício.

1.2- Motivação para o tema e objetivos

O principal objetivo do estágio consistiu na otimização da produção e na melhoria contínua no setor da soldadura da empresa *Triangle's, Cycling Equipments S.A*. Deste modo, pretendeu-se incrementar os índices de desempenho da produção, uma melhor organização da secção e um apoio acrescido à equipa de produção.

A empresa compreendeu que, com a implementação de ferramentas *Lean* poderia melhorar os métodos de trabalho dos colaboradores, assim como aumentar a eficiência da produção do setor. Um aspeto importante foi o do controlo dimensional e da qualidade. Cada colaborador, nas cabines de soldadura robotizada, tinha a seu cargo

várias tarefas e, por vezes, não tinham capacidade para controlar a qualidade da produção, o que implicava a não deteção de defeitos.

Assim sendo, chegou-se à conclusão de que faria sentido melhorar a organização com a implementação de ferramentas de melhoria contínua e, também, apoiar os colaboradores no controlo dimensional e de qualidade dos produtos, quando necessário.

Este foi o desafio que me colocaram, o qual, face às razões que me conduziram a ingressar no Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, me motivaram imediatamente a abraçar o desafio.

1.3- Estrutura do relatório

Inicialmente, o presente relatório faz uma revisão de literatura, na qual se realizou um estudo sobre o estado da arte dos temas abordados durante a realização do projeto. Assim sendo, realizou-se uma pesquisa sobre a metodologia *Lean*, de um modo cronológico, ou seja, desde o *Toyota Production System (TPS)* até à filosofia *Lean Manufacturing*. A partir deste ponto é criada a ligação para o foco principal da revisão da literatura que incide sobre a melhoria contínua, mais concretamente as ferramentas de gestão *Lean*, abordando os seus benefícios e os modos de implementação, de modo a serem transportados para os casos práticos.

De seguida, é apresentada a empresa onde foi realizado o estágio curricular. São explicitados os processos produtivos existentes e, mais em pormenor, os postos de trabalho da área em estudo. Posteriormente, são apresentados os casos práticos implementados sobre a metodologia *Lean*, sendo também apresentados outros temas utilizados durante a gestão do setor de soldadura.

Este relatório divide-se em quatro capítulos:

- No presente capítulo apresentam-se o enquadramento, os objetivos do projeto e a metodologia utilizada;
- No segundo capítulo faz-se uma revisão da literatura onde se abordam três temas centrais: história e filosofia *Lean Manufacturing*, ferramentas e metodologia *Lean* e a importância da qualidade;

- No capítulo terceiro é apresentado o caso prático do estudo levado a efeito. É apresentada uma descrição da empresa onde decorreu o estágio, mencionando o tipo de produto fabricado, bem como os vários processos produtivos utilizados na empresa. Posteriormente, são apresentados vários casos práticos implementados, incluindo a vertente do controlo dimensional dos produtos;
- Por fim, no quarto capítulo, são apresentadas as conclusões e, também, propostas para futuras melhorias a serem aplicadas na empresa *Triangle's*, para poderem ser obtidos resultados ainda mais satisfatórios no que diz respeito à otimização da produção e das ferramentas de melhoria contínua no setor de soldadura.

CAPÍTULO 2 - Enquadramento Teórico

Neste capítulo apresenta-se o enquadramento teórico do projeto que foi desenvolvido através do estudo da filosofia *Lean Manufacturing* e das suas metodologias.

2.1- *Lean Manufacturing*

O aparecimento do conceito de *Lean Manufacturing*, de acordo com Ghinato (2000), foi desenvolvido por Taiichi Ohno, enquanto engenheiro-chefe da Toyota, em que estabeleceu metas que visavam o aumento da produtividade. Este conceito resume-se a uma abordagem sistemática para identificar e eliminar os desperdícios (atividades que não agregam valor) através da melhoria contínua, (Ghinato, 2000).

Recentemente, segundo Ghinato (2000), o Sistema Toyota de Produção (*Toyota Production System – TPS*) é designado como “Sistema de Produção *Lean*”, usando-se muitas vezes o termo genérico produção *Lean*. Este tipo de produção surgiu no final dos anos 80 com a elaboração, por parte dos investigadores do IMVP (*International Motor Vehicle Program*), de um sistema de produção que se verificou ser mais eficiente, ágil, flexível e inovador do que o sistema de produção em massa, verificando-se maior capacidade de encarar e superar um mercado em constante evolução e consequentes mudanças.

2.1.1- Origem e evolução – Toyota Production System

O *TPS* foi, originalmente, desenvolvido para a Indústria. Portanto, para o seu perfeito entendimento, deve-se, antes de mais nada, compreender as suas origens, mais concretamente na indústria automóvel.

Segundo Ghinato (2000), no início do século XX, mais precisamente no ano de 1910, Sakichi Toyoda (fundador da *Toyoda Automatic Loom Works*) viajou para os Estados Unidos onde desenvolveu interesse pela indústria automóvel. Passados dez anos o seu filho Kiichiro viajou aos Estados Unidos para fazer uma visita técnica às fábricas da Ford, tendo sido este o fundador da *Toyota Motor Co* em 1937. Previamente, de acordo com Ghinato(2000), Kiichiro desenvolveu o departamento automobilístico na *Toyoda Automatic Loom Works*, empresa fabricante de equipamentos e máquinas têxteis devido

ao seu entusiasmo e convicção de que a indústria automóvel seria muito relevante a nível mundial.

Como forma de atingir o plano previamente traçado, entrar na produção de larga escala na indústria automóvel, a Toyota especializou-se, primeiramente, no fabrico de camiões para as forças armadas. O facto do Japão ter participado na II Guerra Mundial adiou a concretização do plano inicial, sendo retomado após o seu final, no ano de 1945.

Segundo Ghinato (2000), constatava-se uma diferença abismal com os seus concorrentes americanos, considerando-se que a produtividade americana era dez vezes superior à dos japoneses. Com estas declarações recorrentes, verificou-se um “acordar” e uma motivação extraordinária por parte dos japoneses em alcançar a indústria americana, o que se constatou anos mais tarde.

A superação por parte dos japoneses deu-se devido à necessidade que tiveram em compreender a diferença de produtividade. Esta só poderia ser justificada devido à existência de perdas no sistema de produção japonês, tendo sido este o mote para desenvolver e estruturar um processo de identificação e eliminação de perdas, (Ghinato, 2000).

Inicialmente, os japoneses basearam-se no sistema de produção em massa da *Ford* que na altura inspirava a indústria em geral, devido ao sucesso obtido na sua implementação. Apesar das tentativas de reprodução do modelo *Fordista* sem obter o sucesso pretendido e o alcançado pelas fábricas *Ford*, o engenheiro-chefe da *Toyota*, Taiichi Ohno, decidiu visitar as fábricas para melhor compreender todo o processo. Dessa visita, Taiichi Ohno, percebeu que era necessário fazer ajustes e melhorias no sistema de produção em massa para o poder aplicar no mercado japonês, um mercado concreto e com procura variada de produtos (Ghinato, 2000).

Algumas das conclusões a que Ohno chegou durante a observação que fez às fabricas americanas e que explicavam a ineficiência do sistema de produção foram: os trabalhadores eram subutilizados, as tarefas eram repetitivas, além de não agregarem valor, existia uma forte divisão (projeto e execução) do trabalho, a qualidade era negligenciada ao longo do processo de fabricação e existiam grandes *stocks* intermédios, (Ghinato, 2000).

Ohno iniciou o desenvolvimento do seu sistema de produção a partir das elações anteriormente referidas, mas, só obteve reconhecimento mundial depois de 1973. Este ano para a indústria foi marcante, devido à crise do petróleo. O preço do barril subiu de forma vertiginosa, afetando toda a indústria a nível mundial e, conseqüentemente afetando a economia mundial. A maioria das empresas colapsaram ou debateram-se com elevados prejuízos, enquanto a *Toyota Motor Co.* surgia como uma das raras empresas que saíram praticamente ilesas dos efeitos da gravíssima crise que se instalou a nível mundial. Este foi o fenómeno que elevou a indústria japonesa e despoletou a curiosidade nas organizações do mundo inteiro (Ghinato, 2000).

De acordo com Pinto (2009), para se compreender o TPS, constantemente se considera a analogia de uma casa ou edifício. Esta analogia permite visualizar mais facilmente que apesar de ser um edifício, é constituído por varias divisões que têm funções bem definidas, mas que têm ligamento entre si, como ilustra a Figura 1.

Nos alicerces do edifício *TPS* reúnem-se aspetos primordiais, como a filosofia *Toyota* (que assenta em princípios e valores simples e imutáveis), a gestão visual, que envolve todos através da aplicação dos sentidos, a uniformização e a estabilização de processos, como forma de reduzir a variabilidade tão prejudicial ao desempenho de processos, e o nivelamento da produção.

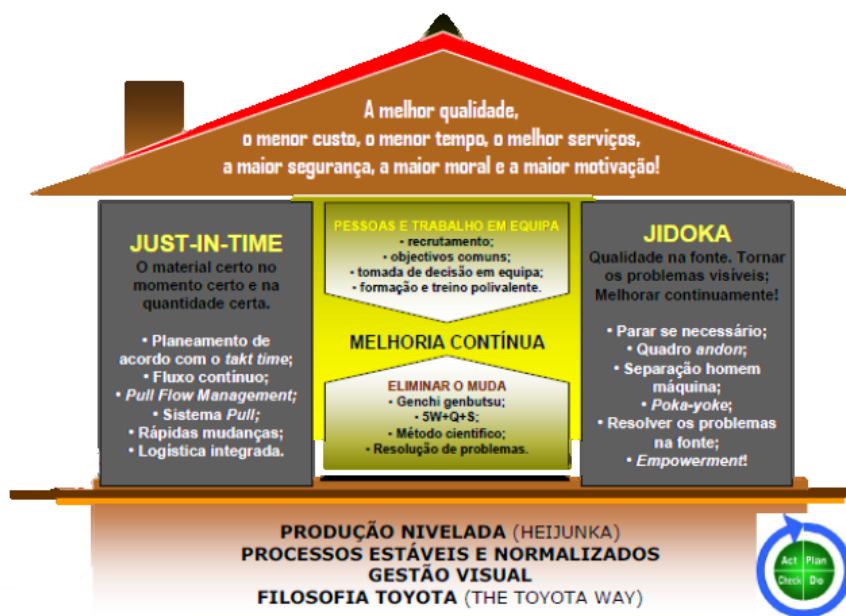


Figura 1- O sistema de produção da Toyota (TPS), (Pinto, 2009)

Estes aspetos são desenvolvidos na base do edifício para se conseguir uma melhoria contínua. Na base desta casa (estrutura organizativa) foca-se o “respeito pelas pessoas”, algo que foi decisivo no desenvolvimento do *TPS* e está presente também, no desenvolvimento da filosofia *Lean manufacturing*, (Pinto, 2009). É na base do edifício que se verifica incluída a melhoria contínua, constatando-se a necessidade de eliminação e desperdício, ressaltando as pessoas e o trabalho em equipa.

Com uns bons alicerces e base consegue-se alcançar o telhado onde se incluem as metas a atingir: a melhor qualidade, o menor custo, o menor tempo, os melhores serviços, a melhor segurança, a maior moral e a maior motivação.

2.1.2- Glossário da filosofia *Lean*

A linguagem da filosofia *Lean* é muito específico e técnico, pelo que é necessário saber o significado de cada termo utilizado na comunicação. De acordo com o site Gestão Industrial¹, existe um glossário básico, que se indica de seguida.

- Andon – palavra japonesa que significa “luz”, tendo o significado de aviso luminoso para sinalizar o *status* do processo. Tal como no semáforo, verde significa sem problema; a cor amarela traduz risco ou atenção requerida e a cor vermelha representa que a produção está parada e/ou necessário requerer assistência.
- Genchi Gembutsu - “vá e veja você mesmo”.
- Gemba - “local onde as coisas acontecem”, ou “onde o problema existe”.
- Gembutsu - “coisa que é o foco de análise”.
- Genjitsu - “informações efetivas”.
- Hansei-kai - É o processo de reflexão que ajuda a identificar oportunidades de melhoria na atividade.
- Hoshin Kanri - É o objetivo/visão estratégica desdobrada aos diferentes níveis da Organização

¹ www.gestaoindustrial.pt

- Heijunka - Produção nivelada, em volumes e mix, com o objetivo de melhor utilização da mão-de-obra e equipamentos.
- Jidoka - Essência do *Lean*. É a capacidade de um equipamento de parar e sinalizar quando ocorrer um problema na produção.
- Just In Time - É a essência do *Lean*. Significa fazer o que é necessário, quando necessário, e na quantidade necessária.
- Kaizen - Melhoria contínua.
- Kaikaku - Significa uma solução completamente inovadora, um salto de qualidade.
- Kanban – Cartão de sinalização que controla os fluxos de produção ou transportes
- Muda - Desperdício, atividade que não agrega valor.
- Mura - Atividade executada de forma inadequada.
- Muri - Atividade que exige muito esforço para ser executada.
- Nemawashi - Processo informal em que se procura atingir os envolvidos numa determinada decisão, objetivando conhecer a sua opinião e obter consenso.
- Nichijo Kanri - É a gestão (fundamental) diária.
- Poka-Yoke - Sistema ou método à prova de erro.
- Smed - Troca rápida de ferramentas.
- *Takt-time* - É a taxa com que o cliente procura o produto:
 - $Takt = \text{tempo disponível de produção} / \text{quantidade encomendada pelo cliente}$
- Water Spider (Mizusumachi) - Pessoa responsável em dar suporte ao operador de produção, principalmente em situações, tais como alimentação de material.

2.1.3- Princípios da filosofia *Lean*

De acordo com Moreira (2010), no ano de 1996 Womack e Jones, identificaram cinco princípios que fundamentam a filosofia que auxilia a gestão de uma organização, o *Lean Manufacturing*. Os princípios desta filosofia enumerados por Moreira (2010) são: Valor; Cadeia de Valor; Fluxo; Sistema Pull e Perfeição. Esses princípios estão evidenciados na Figura 2.



Figura 2- Princípios da filosofia *Lean Thinking*, (Moreira, 2010)

O princípio *Valor*, de acordo com Moreira (2010), baseia-se nas características perceptíveis proporcionadas pelos serviços ou produtos que o cliente adquire ou pretende adquirir. A tomada de decisão do cliente será influenciada por estas características, pois os clientes consideram nesse momento o preço, o esforço para a sua aquisição e as características inerentes. Segundo Moreira (2010), quanto maior o “valor percebido” pelo cliente, maior será a fidelidade, tornando-se esta crescente, uma vez que a satisfação é maior. Moreira (2010) refere vários exemplos de “valor percebido”, são eles: preço, qualidade, características específicas diferenciadoras, prazo de entrega e atendimento prestado.

O princípio *Cadeia de Valor* consiste num conjunto de etapas ou num processo (cadeia) necessário para a conclusão dum produto ou serviço. Neste processo ou etapas dele,

identificam-se desperdícios que possam ser eliminados, sendo desta forma analisado o valor existente na cadeia, podendo ser efetuado etapa a etapa durante todo o processo. Os desperdícios identificados podem ser: tempos desnecessários, atividades inadequadas, métodos de trabalho ineficientes e padrões de qualidade indefinidos ou desajustados. A análise de valor realizada ao longo de toda a cadeia rege-se por identificar uma sequência de atividades, de acordo com Moreira (2010), são: atividades que criam valor; atividades que não criam valor, mas que são necessárias; atividades que não criam valor e são desnecessárias. Este tipo de análise, segundo Moreira (2010) permite otimizar o processo devido à perceção do conjunto de etapas do processo como um todo, facilitando a redução do desperdício. A eliminação de atividades que não criam valor e são desnecessárias facilitam a redução de desperdício, otimizando-se todo o processo devido à redução do desperdício, o que leva ao aumento do valor entregue ao cliente.

O princípio *Fluxo*, tal como o termo sugere e afirma Moreira (2010) reporta-se ao fluxo que existe em toda a cadeia de valor, seja de capital, pessoas, materiais ou de informação, tendo como objetivo a continuidade desse percurso. O fluxo contínuo permite a inexistência de pontos de estrangulamento, ou seja, pontos de paragem ou redução da atividade e, conseqüentemente uma resposta mais eficaz aos pedidos dos clientes. A verificarem-se estrangulamentos, estes devem ser reduzidos ou eliminados, tornando a capacidade de resposta segura e infalível o que se traduz numa maior competitividade para a organização.

De acordo com Moreira (2010), o princípio que estipula que a produção de um produto ou serviço apenas deve ser iniciada quando solicitada pelo cliente, designa-se por *Sistema Pull* (sistema puxado). Com este princípio pretende-se reduzir o uso de mão-de-obra supérfluo e *stocks* excessivos, ou seja, reduzir o excesso de produção, aplicando-se o conceito *Just In Time* - JIT (produzir ou servir no momento e quantidades certas).

O princípio *Procura da Perfeição* subentende a necessidade na excelência da qualidade e da ausência de repetições de trabalho. Segundo Moreira (2010) para obter uma boa produtividade, melhores tempos de resposta, custos reduzidos e uma boa imagem perante o cliente, a fim de conseguir a sua fidelização deve-se: “apostar na formação dos colaboradores, distribuir instruções de qualidade para as principais tarefas, definir

padrões e critérios de qualidade ajustados e garantir um bom acompanhamento de todas as etapas do processo”.

2.1.4- Os Sete desperdícios

Segundo Pinto (2009), a classificação que agrupa todas as ideias fundamentais sobre o tema dos desperdícios foi desenvolvida durante a criação do TPS por Taiichi Ohno e Shigeo Shingo. Foram sete as formas de desperdícios identificadas por Ohno e Shingo, são elas: Excesso de produção, Esperas, Transporte e movimentações, Desperdício do próprio processo, *Stocks*, Defeitos e Trabalho desnecessário.

O *Excesso de Produção* é a mais gravosa das sete classificações identificadas. Implica um excesso de produção, ou seja, produz-se mais do que é necessário, tendo consequências nocivas, nomeadamente: Ocupação desnecessária de recursos; Consumo de materiais e de energia sem que isso represente retorno financeiro para a empresa; Antecipação de compras de matéria prima; Aumento de *stocks* e Ausência de flexibilidade no planeamento. Segundo Pinto (2009), os motivos deste tipo de desperdício são:

- Grandes lotes de produção (o lote de produção, por norma, calculado com base no pressuposto do equilíbrio entre custos de *Setup* e custos de posse de materiais; muitas empresas industriais ainda não se conseguiram libertar do paradigma do lote económico e da constante preocupação em otimizar);
- Necessidades de rentabilizar esforços feitos em atividades que não acrescentam valor, como transportes, inspeções e *setups*;
- Antecipação da produção na expectativa de venda antecipada ou resultante da imposição de elevados níveis de serviço por parte de clientes;
- O efeito *bullwhip* (chicote) ao longo da cadeia de fornecimento e dos canais de distribuição, que faz com que as empresas mais afastadas do cliente final sofram com as enormes variações do consumo (este é apenas um dos perversos efeitos das previsões da procura);
- Criação de *stocks* para compensar o número de peças com defeito, atrasos nas entregas ou avarias nos equipamentos.

Para se estabelecer o equilíbrio entre a lotação e a procura, não produzindo em excesso, devem instaurar-se métodos *Lean Manufacturing*. De acordo com a literatura desenvolvida por Pinto (2009), são exemplos deste método: Trabalho programado e uniformizado ao longo da cadeia de valor; Postos de trabalho balanceados; Fluxo contínuo; Usar a produção puxada (JIT); Nivelar a produção (Heijunka) – ao trabalhar em lotes pequenos, produção flexível; Mudança rápida de ferramentas (SMED).

Outra das classificações relativamente a desperdícios designa-se por **Esperas**. Este termo pretende indicar o tempo de espera, seja dos equipamentos ou das pessoas. De acordo com Pinto (2009), os principais motivos destas esperas podem ser: Fluxo obstruído (uma avaria, defeitos de qualidade ou acidentes); Problemas de *layout* (que originam excessivos transportes, provocam erros ou acidentes); Problemas e/ou atrasos com entregas de fornecedores (internos ou externos); Capacidade não balanceada ou sincronizada com a procura e Grandes lotes de produção. Para conseguir suprir estes tempos de espera, segundo Pinto (2009), deve optar-se pelo nivelamento das operações (Heijunka); implementar um *layout* específico por produto/serviço; introduzir mudanças rápidas de ferramentas (rápidos *setups*); melhorar o planeamento e a sincronização entre áreas de trabalho; realizar o balanceamento dos postos de trabalho.

A classificação atribuída aos desperdícios com o termo *Transporte e Movimentações*, está associada à circulação ou transferência de materiais, sejam peças acabadas ou não, de um local para outro. O transporte e movimentações de material podem criar efeitos negativos por ocuparem espaço no local de trabalho, contribuirão no aumento do tempo de fabrico e, talvez o mais nocivo, permitirão que os materiais se danifiquem durante essa operação. Apesar dos efeitos negativos destas operações, não se pretende terminar com as transferências, apenas diminuir as movimentações. Este objetivo pode ser alcançado, segundo Pinto (2009), corrigindo *layouts*, reformulando o planeamento da cadeia de operações e escolhendo sistemas de transporte mais adequados, nomeadamente mais pequenos, modulares e mais rápidos. De acordo com Pinto (2009), existem metodologias para atingir o objetivo, nomeadamente: Utilização de células de fabrico (produção e/ou montagem); Produção fluída ou puxada; Operadores e equipamento flexíveis; Flexibilidade operacional e Produtos e serviços modulares.

Outra das formas de desperdício foi classificada como *Desperdício do próprio processo*, como indica a nomenclatura está relacionada com processos ou parte deles

que são desnecessários. É de realçar que todo e qualquer processo gera desperdícios mas, estes poderão ser minimizados ao máximo, promovendo-se a formação e uniformização das operações em todo o processo, sendo necessário formar os colaboradores, reformular operações ou processos tornando-os mais eficientes e ainda reforçar esforços de automatização (Pinto, 2009).

Designado como a “mãe de todos os males” é o desperdício classificado como *Stocks*. Estes indicam a presença de materiais que estão retidos durante um determinado período de tempo, no interior ou exterior da fábrica. *Stocks* é sinónimo de desperdícios, pois verifica-se que nos pontos onde se detetam desperdícios existem *stocks*. As causas podem ser as mais diversas, sendo as mais comuns de excesso de *stocks*:

- Aceitá-los como normais, algo que faz parte do ativo da organização;
- Fraco *layout* dos equipamentos, o que origina armazenamentos ou transportes;
- Elevados tempos de mudança de ferramentas;
- Existência de gargalos ou estrangulamentos nos processos;
- Antecipação da produção (JIC - Just In Case);
- Problemas de qualidade (defeitos, controlos e inspeções);
- Processos a trabalhar a diferentes velocidades/ritmos, (Pinto,2009).

Existem indicações de metodologias previamente estudadas e, comprovada a sua aplicação com sucesso, nomeadamente:

- Reforço do planeamento e controlo de operações;
- Nivelamento da produção garantindo um fluxo estável e contínuo;
- Produção puxada;
- Regulação do fluxo de operações;
- Melhoramento da qualidade dos processos;
- Mudança rápida de ferramentas (Pinto, 2009).

Outra forma de desperdício tem a classificação de *Defeitos*, sendo que na sua definição se incluem defeitos ou problemas de qualidade. Nesta definição estão incluídos os custos de inspeção, as reparações e as respostas às queixas dos clientes. Quando se deteta a existência de um defeito, com maior frequência, aumentam-se as inspeções para que se possa reduzir ou eliminar este, evitando que os defeitos cheguem ao cliente. Ao acontecer um erro é necessário produzir mais, aumentar *stocks*, para compensar as peças com defeito, diminuindo assim a produtividade e, aumentando o custo dos produtos e serviços. Existem diversas e variadas causas para a existência de erros, nomeadamente:

- Pensar que errar é humano, mas não é;
- Ênfase na inspeção final, no controlo e no policiamento das pessoas e dos processos;
- Ausência de padrões de autocontrolo e de inspeção;
- Ausência de padrões nas operações de fabrico e de montagem;
- Falhas e erros humanos;
- Transporte e movimentações de materiais.

Ao longo dos tempos foram sendo estudadas e desenvolvidas formas que eliminassem os defeitos, sendo as mais comuns:

- Implementar operações padrão (sempre que possível, uniformizar operações, materiais e processos);
- Presença de dispositivos de detenção de erros (Poka-Yoke);
- Construir qualidade na fonte e em cada processo/operação (garantir que cada um faz bem à primeira, evitando posteriores inspeções e controlos);
- Incentivar a produção em fluxo contínuo (sem *stocks* para camuflar problemas);
- Eliminar a necessidade de ter de movimentar peças e materiais;
- Se possível, automatizar determinadas atividades.

Apesar de existirem indicações para eliminação ou redução dos defeitos é necessário que primeiramente se detete a causa-raiz para posteriormente se possa aplicar a forma

mais adequada para suprimir a causa. É necessário realçar que a inspeção apenas deteta as peças com defeito, sendo necessário outro procedimento bem planeado para conseguir a solução para eliminar os defeitos.

O último desperdício classificado, mas não menos importante é o *Trabalho desnecessário* e refere-se aos movimentos obrigatórios para executar uma operação, podem eles ser excessivos, lentos ou rápidos, ou seja, desadequados relativamente ao necessário. De acordo com Pinto (2009), existem diversas causas para se detetar trabalho desnecessário, designadamente:

- Operações isoladas;
- Desmotivação das pessoas;
- Incorreto *layout* de trabalho;
- Falta ou insuficiente formação e treino das pessoas;
- Capacidades e competências não desenvolvidas;
- Instabilidade nas operações.

De acordo com o mesmo autor, estão estudadas formas de poder eliminar esse desperdício, mais especificamente:

- Gradualmente, conseguir um fluxo contínuo de produção/serviço;
- Promover a uniformização das operações de trabalho;
- Apostar na formação e no treino dos colaboradores.

De acordo com a definição de trabalho, que é o movimento que se faz para criar valor ao produto ou ao serviço, existem movimentos que fazemos e podem não gerar valor, logo são desnecessários.

2.2- Ferramentas e metodologia *Lean Manufacturing*

A utilização das ferramentas associadas ao *TPS* exige um estudo prévio e uma mudança cultural na empresa. É necessário envolver todos os colaboradores da empresa, sendo fundamental que todos participem neste processo.

É de realçar que, apesar da variedade de ferramentas, apenas são referenciadas as utilizadas durante a realização do estágio curricular.

2.2.1- Value Stream Mapping

O conceito *Value Stream Mapping* (VSM) ou Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) é uma ferramenta desenvolvida pelo *Operations Management Consulting Division* (OMCD) da *Toyota Motor Co*, divisão organizada por Taiichi Ohno, originalmente para implementar o sistema Toyota de produção nos fornecedores da Toyota. Esta ferramenta condensa os princípios do TPS, auxiliando a visualizar como está o processo em relação a esses princípios e ajuda na sua implementação (Ghinato, 1996). Esta ferramenta é uma técnica desenvolvida pela filosofia *Lean Thinking*, que possibilita analisar a cadeia de valor, desenvolvendo métodos, desde a entrada da matéria-prima até à saída do produto final (Nabais, 2012). Este método permite a visualização de todo o processo produtivo, representando todos os fluxos de informação e materiais. Este procedimento elimina fontes de desperdício e aumenta a criação de valor. Esta ferramenta tem sido muito utilizada por parte das organizações, porque permite disponibilizar o mapeamento dos processos produtivos, fluxos de materiais ou fluxos de informações de uma forma clara e eficaz.

Esta ferramenta *Lean* é um método de modelação de empresas relativamente simples (necessita apenas de papel e lápis), tendo o VSM sido desenvolvido para ser uma ferramenta de baixa tecnologia. O facto de se privilegiar o uso do lápis e papel pretende encorajar os utilizadores desta ferramenta a andar através do fluxo de valor (Pojasek, 2004). Esta atitude permite ver, por si mesmo, para compreender completamente a situação do processo, tal como é descrita por Liker (2005), como sendo o décimo princípio do Modelo Toyota.

Foram, entretanto, surgindo algumas aplicações informáticas para ajudar à criação e à visualização do VSM, como, por exemplo, o eVSM e o SigmaFlow VSM, ambos baseados no software Microsoft Visio.

O VSM tem como principais características:

- fornece uma linguagem comum, visual e simbólica para identificar os processos;
- fácil visualização e compreensão por parte de todos os colaboradores;
- visualização do fluxo do processo produtivo, “porta-a-porta”;
- ajuda a identificar mais do que desperdícios, ajuda a identificar as fontes dos desperdícios;
- mostra a relação entre o fluxo de informações e o fluxo de materiais no sistema de produção;
- auxilia na melhoria do sistema como um todo e não apenas numa parte;
- integra vários conceitos e técnicas *Lean*;
- suporta a tomada de decisão e proporciona a base para um plano de implementação da metodologia *Lean*.

Apesar de todas as vantagens desta ferramenta, Khaswala & Irani (2004) reconhecem a utilidade da ferramenta, mas indicam várias limitações: dificuldade em mapear vários produtos de fluxos diferentes; falta de registo gráfico para questões, como transportes, filas, distâncias devido ao *layout*; falta de indicadores financeiros, como lucros, custos da operação, despesas com inventário; falta de gráficos para visualização do *layout* e manuseamento do material; deficiência em detalhar o conteúdo de informação do fluxo de informação; falta de um método para escolher o tipo de melhoria a ser feita inicialmente.

O VSM é uma ferramenta de melhoria contínua, criando um ciclo, em que após se realizarem as ações para atingir o mapa do futuro, este se torna o mapa do estado presente e serão elaboradas novas ações de melhoria para atingir um novo mapa futuro.

Os mapas são construídos e elaborados através de linguagem VSM, que é simples e acessível a todos, tendo como base a análise e visualização dos processos na realidade atual. Existem três conjuntos de símbolos: fluxo de materiais; fluxo de informação; símbolos gerais.

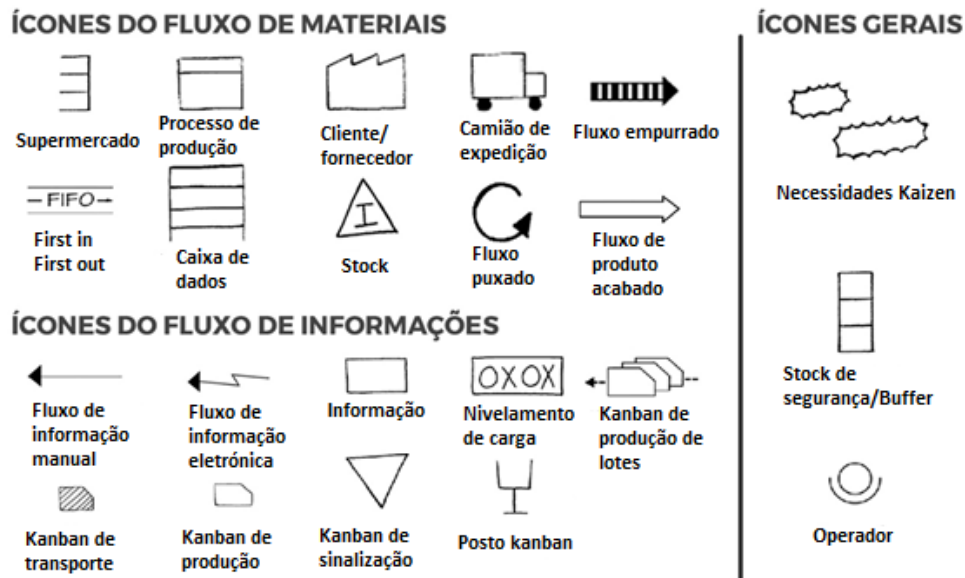


Figura 3 - Ícone de VSM (Fonte: <https://www.nortegubisian.com.br/blog/value-stream-mapping-vsm>)

O objetivo deste processo é fazer um mapa da realidade atual relativa ao processo de todas as operações necessárias para satisfazer os pedidos dos clientes e depois fazer um outro da mesma realidade otimizada para utilizar no futuro.

O VSM é uma das ferramentas mais importantes na análise da cadeia de valor, porque permite identificar três tipos de atividades: as que criam valor, as que não criam valor, mas são inevitáveis dadas as características do modelo de gestão e características dos equipamentos, e as que não acrescentam valor e que devem ser eliminadas.

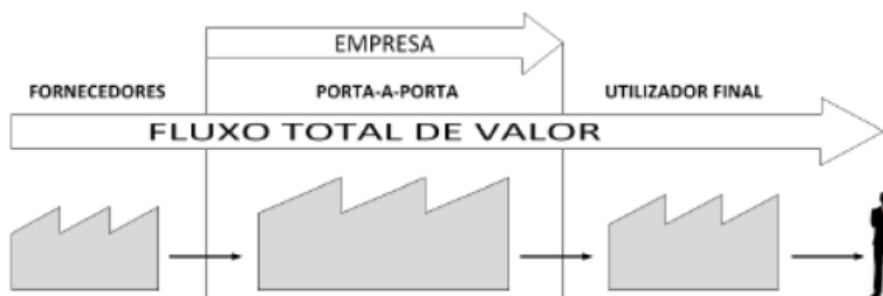


Figura 4- Representação do fluxo de valor (Fonte: Rother & Shook, 1999)

Segundo Pinto (2009), para eliminar o desperdício na cadeia de valor são necessários os seguintes aspetos: conhecer o que o cliente pretende com o produto pedido; nivelar os processos de fabrico ou operações inerentes aos serviços; conhecer todos os processos existentes na cadeia; implementar o *sistema Pull*; e, por fim, estabilizar os processos de fabrico e serviços.

Segundo Rother & Shook (1999), a construção do VSM deve ser feita em quatro etapas:



Figura 5- As quatro etapas da construção do VSM (Fonte: Rother & Sook 1999)

1.^a etapa - *Selecionar o produto ou família de produtos a analisar.*

A família de produtos escolhida deverá ter um processo de fabrico idêntico em todos os produtos e passar pelos mesmos centros de trabalho. Duggan (2002) sugere que, para produtos pertencerem à mesma família, devem partilhar pelo menos 80% dos passos no processo produtivo.

2.^a etapa - *Fazer o mapa do processo atual.*

Toda a informação deve ser tirada no local percorrendo todo o circuito. À medida que se vai passando nos locais vai-se desenhando rascunhos de papel. Dado que o VSM representa uma informação de um momento, é necessário obter a informação relativa ao dia a dia. Segundo Rother e Shook (1999) deve começar-se com uma visita rápida, “porta-a-porta” ao fluxo de valor de modo a ficar com um melhor entendimento do sentido e sequência do fluxo e dos processos. Deve começar-se no cliente e seguir o fluxo até aos fornecedores, retirando e registando os dados com base na visualização pessoal e não com base em valores *standard*.

Os principais dados que devem ser recolhidos antes de se fazer o desenho são os seguintes:

- **Tempo de Ciclo (T/C)** – Frequência com que uma peça é produzida.
- **Tempo de *Setup* (T/R)** – Tempo necessário para mudar a produção de um modelo de produto para outro.
- **Número de pessoas** – Coletar este dado para a caixa de dados. Se um operador atuar em mais de um processo, definir aproximadamente a fração do tempo em que ele atua em cada um e anotar esses valores nas respetivas caixas de dados.
- **Tempo de Valor agregado (VA)** – Tempo efetivo de transformação do produto, da maneira que o cliente está disposto a pagar.
- **Lead Time (L/T)** – Tempo que um produto leva para percorrer um processo ou fluxo de valor, do início ao fim.
- **Lotes de produção e transferências.**
- **Número de peças por embalagem.**

Todas as oportunidades de melhoria identificadas devem ser destacadas no mapa (sinalização da necessidade de eventos Kaizen).

3.^a etapa - *Elaboração de um mapa futuro.*

Com o mapa atual concluído, é possível identificar tempos e atividades que acrescentam ou não valor. Toda a equipa deve conhecer o mapa e comentá-lo, nomeadamente os desperdícios, e com um espírito *Lean* avançar para a criação do mapa futuro com o objetivo de construir uma cadeia de produção, ficando cada processo o mais próximo possível de produzir apenas o que o cliente precisa, quando precisa (Rother, & Shook, 1999).

Para atingir o estado futuro consideram-se os seguintes aspetos:

-Takt-time

É o valor representativo da cadência de produção necessária para satisfazer as necessidades dos clientes. Para conhecer este valor, é necessário apurar o tempo útil

diário da produção num fluxo de valor concreto e dividir pelas unidades requeridas pelos clientes.

$$Takt - time = \frac{\text{tempo disponível}}{\text{procura}} \quad (1)$$

Considera-se tempo disponível, o tempo que está alocado à produção, sendo os tempos de pausa subtraídos (intervalos, tempo de limpeza, etc.). A procura é a quantidade de peças que devem ser entregues no mesmo intervalo de tempo. Este cálculo pode ser efetuado para qualquer período de tempo, desde que o tempo disponível e a procura digam respeito ao mesmo intervalo de tempo e, conseguindo-se produzir ao ritmo da *takt-time* sincroniza-se a produção.

- Fluxo contínuo

Quando o tempo de *setup* é pequeno o tempo de fabrico de uma peça é maior que o *setup*. Este fluxo permite que a peça passe por todas as operações sem esperas. Deve-se tentar desenvolver um fluxo contínuo, produzindo peça a peça, mantendo o material em constante movimentação e adição de valor, tendendo a anular desperdícios, reduzindo *stock* intermédio e reduzindo-se assim o *Lead Time*.

- Nivelamento das produções

Será necessário ter em consideração sempre os tempos de *setup*, no entanto, em vez de se produzir os produtos *X* todos, depois os *Y*, devem-se produzir pequenos lotes, porque se aumenta a capacidade de satisfazer uma maior quantidade de clientes em menos tempo. No entanto, o nivelamento da produção pode implicar um aumento na frequência da mudança de ferramentas, o que pode ser uma fonte de ineficiências, devendo ser desenvolvido um sistema de troca rápida de ferramentas.

- Produzir por supermercado.

Ao trabalhar por supermercado deve ser criado um fluxo contínuo entre os fornecedores e os clientes. O processo permite não haver *stocks* mas, quando os clientes não fazem pedidos estáveis, variando as quantidades ou as datas sem aviso prévio e o processo de fabrico ou os fornecedores não têm capacidade de recuperação, é necessário fazer *stocks*

de produto, ou seja, quando não é possível implementar um fluxo contínuo. Neste caso, usam-se os supermercados Pull que são estruturas que permitem armazenar de forma prática diferentes componentes e produtos. Por vezes não é possível alcançar um fluxo contínuo, sendo por isso necessário trabalhar com lotes.

- *Pacemaker dos processos*

Ao usar-se supermercados Pull, apenas se necessita planear a produção num processo, designado por processo pacemaker, uma vez que é o planeamento neste processo que marca o ritmo de produção dos processos a montante. A jusante deste processo, não podem existir mercados, tem de haver fluxo contínuo.

O fluxo de produção é nivelado pela satisfação dos pedidos dos clientes. A determinação da quantidade para produção de cada lote deve ser atualizada regularmente.

- *Determinar as cadências de produção*

Conhecer as cadências de produção para equilibrar a capacidade produtiva com a procura dos clientes e haver uma base para auditar o desempenho da produção.

- *Reduzir stocks*

A produção para *stocks* acarreta enormes custos. Devem ser otimizados os processos de forma que as mudanças de ferramentas sejam processos simples e permitam produções de lotes pequenas.

4.^a etapa - *Implementação.*

Quando o mapa de fluxo de valor futuro estiver concluído, é necessário reunir os responsáveis das áreas e assinar um compromisso de implementação das alterações de acordo com um plano de atividade.

O VSM é uma ferramenta fundamental na concretização de uma produção *Lean* nas empresas pois dá uma imagem de todo o processo produtivo, do início ao fim numa forma simples e intuitiva, mostra os processos de fabrico através de uma linguagem de fácil entendimento, permite encontrar as operações que criam valor e as fontes de

desperdício, considera o valor na prestativa do cliente, permite identificar inventários e interliga conceitos e técnicas mostrando a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material.

2.2.2- Ciclo PDCA

No ano de 1930, Walter Shewhart desenvolveu um ciclo que visava controlar e melhorar os processos e produtos, atuando de forma contínua, não possuindo intervalos nem interrupções e tendo como principal objetivo ser aplicado na administração da qualidade, (Bezerra, 2014).

Este ciclo, o PDCA, apenas se tornou mundialmente conhecido nos anos 50 após William Edwards Deming efetuar diversas palestras no Japão, sendo este ciclo também conhecido como ciclo de Deming ou ciclo de Shewhart, (Bezerra, 2014).

Na implementação das ferramentas *Lean*, torna-se essencial a aplicação desta metodologia, sendo muito frequente a sua utilização.

O ciclo de PDCA, tal como a sigla sugere, tem quatro etapas, que explicam a nomenclatura usada.

- *Plan* (Planear) - nesta etapa devem estabelecer-se os objetivos e elaborar um plano de implementação, criando um plano de ações para chegar ao objetivo;
- *Do* (Executar) - esta etapa consiste na divulgação do plano e na sua implementação;
- *Check* (Verificar) - consiste em recolher e analisar os dados obtidos;
- *Act* (Agir) - após a análise dos resultados obtidos devem-se definir novas ações de melhoria e normalizar os objetivos que foram cumpridos para, posteriormente, consolidar o processo.

Na Figura 3 representa-se o ciclo PDCA, onde se constata que é um processo cíclico, sem intervalos nem interrupções.

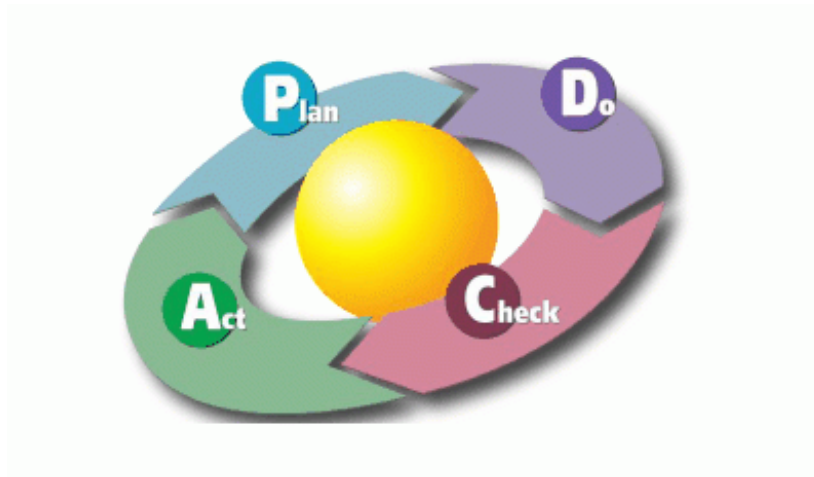



Figura 6 - Ciclo PDCA (Fonte: Kierownik Projektu²)

O Ciclo PDCA, é uma ferramenta que recorrentemente utiliza o formato *Open Point List (OPL)*, tabela onde são inseridos todos os assuntos e ações a desenvolver, discutidas, previamente com todos os envolvidos, em reunião. Como podemos verificar na Tabela 1, esta pretende indicar o assunto, qual a reunião em que o assunto foi debatido, o pedido, o responsável e a data de início e de conclusão do assunto, assim como o status (estado do ciclo PDCA).

Tabela 1- Open Point List (Fonte: Própria)

 TRIANGLE'S		OPL					
#	Assunto	Reunião nº	Pedido	Responsável	Data de início	Data de conclusão	Status
1							
2							
3							
4							
5							

2.2.3- 5S

2.2.3.1 – Conceito 5S

Para Pinto (2009), o conceito dos 5S surge associado ao conjunto de práticas que visam quer a redução do desperdício quer a melhoria do desempenho das pessoas e dos processos, através de uma abordagem muito simples que assenta na manutenção e

² <https://kierownikprojektu.com>

otimização dos locais de trabalho. Como se pode constatar na Figura 4, os 5S têm a sua origem em cinco palavras japonesas, iniciadas pelo som “s”:



Figura 7- Representação dos 5S (Fonte:Nxfacil³)

- *Seiri* (Organização) - identificar o necessário e o desnecessário, eliminando, posteriormente, o desnecessário do local de trabalho;
- *Seiton* (arrumação) - definir o posicionamento dos materiais consoante a regularidade de utilização e identificar os locais;
- *Seiso* (Limpeza) - limpar o local de trabalho e definir práticas, normas e distribuição de tarefas de limpeza;
- *Seiketsu* (Normalização) - normalização das fases anteriores criando normas, instruções e planos de trabalho, estando disponíveis a todos os colaboradores;
- *Shitsuke* (Autodisciplina) - é necessária a disciplina e acompanhamento para que se cumpram os quatros “S” anteriores.

2.2.3.2 – Implementação do conceito

Para que o processo seja bem-sucedido é fundamental selecionar apenas uma área piloto para implementação desta ferramenta, avançando para o local de trabalho seguinte apenas quando esta estiver concluída satisfatoriamente.

³ nxfacil.com.br/metodologia-5s/

De seguida, elencam-se o conjunto de tarefas a considerar em cada uma das etapas que constituem os 5S.

Em *Seiri* (Organizar), atendendo a que objetivo é separar o que é necessário do que é acessório, o primeiro passo é eleger um líder, que coordene e fique responsável por todo o trabalho a desenvolver; de seguida, deve-se proceder ao registo fotográfico do local, de forma a poder comparar o local antes e após a intervenção. Aquando da realização dos trabalhos, todos os intervenientes devem tomar nota das situações anormais encontradas (objetos inúteis, sujidades, fugas, mau estado, etc.), devendo certificar-se de que, no final do processo, não existam objetos desnecessários na zona de trabalho.

Por sua vez, em *Seiton* (Arrumar), segunda etapa dos 5S, procura-se colocar cada coisa no seu lugar. Para isso, torna-se imprescindível verificar se existem objetos sem lugar definido ou adequado. De notar que para definir o lugar ocupado por cada objeto devem ter-se em conta aspetos como a visibilidade, a facilidade de manuseamento, a diminuição do esforço ou a poupança de tempo, e que os mesmos podem exigir uma melhoria do *layout* da zona/área de trabalho.

Em *Seiso* (Limpar), o objetivo é eliminar fontes de sujidade. Para o sucesso desta etapa, deve limpar-se a fundo o local de trabalho, recorrendo, para isso, a todos os meios necessários e evitando o uso de ar comprimido, pois em vez de limpar, muda-se a sujidade de sítio. Se necessário deve também pintar-se o que estiver a precisar. Principalmente, devem criar-se padrões de limpeza (com registo fotográfico antes e após a intervenção) e implementar-se normas que visem a diminuição, isolamento e eliminação das causas de sujidade. Para concluir esta etapa e prosseguir para a seguinte, dever-se-á avaliar a adequação das soluções implementadas e, em caso de necessidade, reavaliar, analisar e aplicar novas medidas.

Na quarta etapa, *Seiketsu* (Normalizar), pretendem criar-se padrões que garantam a manutenção dos ganhos. Assim, em primeiro lugar, deve registar-se a situação original do lugar, através de fotos, para fazer uma comparação do antes e depois da etapa. De seguida, devem identificar-se os locais de arrumação dos materiais e equipamentos, e definir-se regras e procedimentos no que concerne às escalas de limpeza e aos modos operatórios que devem existir. Também é essencial que se proponham e divulguem

padrões de arrumação (*layout*), de limpeza, bem como procedimentos e escalas de limpeza e a folha de registo das situações anormais encontradas.

Por fim, na última etapa, *Shitsuke* (Autodisciplina), o objetivo é consolidar os bons hábitos de trabalho. Deste modo, torna-se necessário assegurar que as diferentes fases foram compreendidas, desenvolvidas corretamente e que se respeitaram as normas e procedimentos definidos. De igual modo, deve fazer-se um balanço do plano de ações (anomalias tratadas) e identificar as melhorias alcançadas, realçando, por um lado, a importância das normas e, por outro, o facto de que manter os resultados alcançados é um trabalho de equipa, pelo que todos têm o dever de colaborar. Tratando-se da última etapa, devem sugerir-se pontos de melhoria e criar-se um plano de auditoria 5S para o futuro.

Para que cada etapa dos 5S referida seja concluída com sucesso, dando assim lugar à seguinte, será fundamental que, em cada uma delas, se definam prazos e responsáveis para a resolução das anomalias diagnosticadas. De igual modo, será necessário fazer um balanço de toda a atividade desenvolvida e, após a auditoria 5S, debater os resultados obtidos, definindo, sempre que necessário, planos de melhoria.

2.2.4- SMED (Single Minute Exchange of Die)

2.2.4.1. Conceito de SMED

Nas décadas de 50 e 60, Shigeo Shingo desenvolveu a metodologia SMED (Single Minute Exchange of Die), tendo como objetivo primordial a redução do tempo de *setup* de máquinas ou de linhas de produção, de acordo com Freitas (2012). Esta metodologia pretende que os *setups* sejam realizados até um máximo de 10 minutos, ou seja, ambiciona que a troca de ferramenta seja rápida, que tenha a duração de um dígito de minuto. Esta ambição pode ser atingida se existir uma racionalização das tarefas feitas pelo manobrador da máquina, (Freitas, 2012).

De acordo com Pinto (2009), o tempo de *setup* é o tempo entre a produção da última peça “boa” de uma referência até à primeira peça “boa” da nova referência. Este tempo de *setup* inclui trocas de ferramentas, introdução de matéria-prima, correto

preenchimento da documentação e afinações, ou seja, todas as operações necessárias para a realização da etapa considerada.

A metodologia SMED nasce devido à necessidade que Shingo, em 1950, sentiu quando realizava uma observação crítica dos procedimentos existentes, nas prensas de estampagem, nas fábricas Mazda em Hiroshima. O “incidente” que originou a elaboração desta metodologia foi caricato, um operador manteve uma prensa de 800 toneladas parada durante mais de uma hora e meia por faltar um parafuso para montar a matriz. E o problema foi resolvido, por ele, ao pegar e cortar um parafuso mais comprido de outra máquina, sendo necessário fazer uma nova rosca. Shingo, considerou este desperdício inadmissível, estabelecendo a necessidade dum procedimento para o *setup* externo e outro para o *setup* interno. Neste caso, o *setup* externo estabelecia um procedimento que verificava se os parafusos necessários estavam prontos para o *setup* seguinte. (Freitas, 2012)

Para se estabelecerem os procedimentos de um *setup* é necessário definir as operações como externas e internas. De acordo com Freitas (2012), a descrição das operações, definem-se em:

- Operações internas - são operações que apenas podem ser executadas com a máquina parada, por exemplo, a troca de ferramentas de um torno CNC;
- Operações externas - são operações que podem ser realizadas com a máquina em produção; por exemplo, transporte das ferramentas da referência anterior para o devido lugar.

2.2.4.2. Implementação do conceito

Para a implementação do conceito SMED, é necessário considerar os *setups*, externo e interno, existindo vários estágios na sua execução. A Figura 5 esquematiza as várias fases de desenvolvimento da implementação desta ferramenta, de acordo com Shingo (2000). De acordo com os vários estágios, verifica-se a distinção entre os estágios concetuais e as técnicas práticas correspondentes a cada um desses estágios.

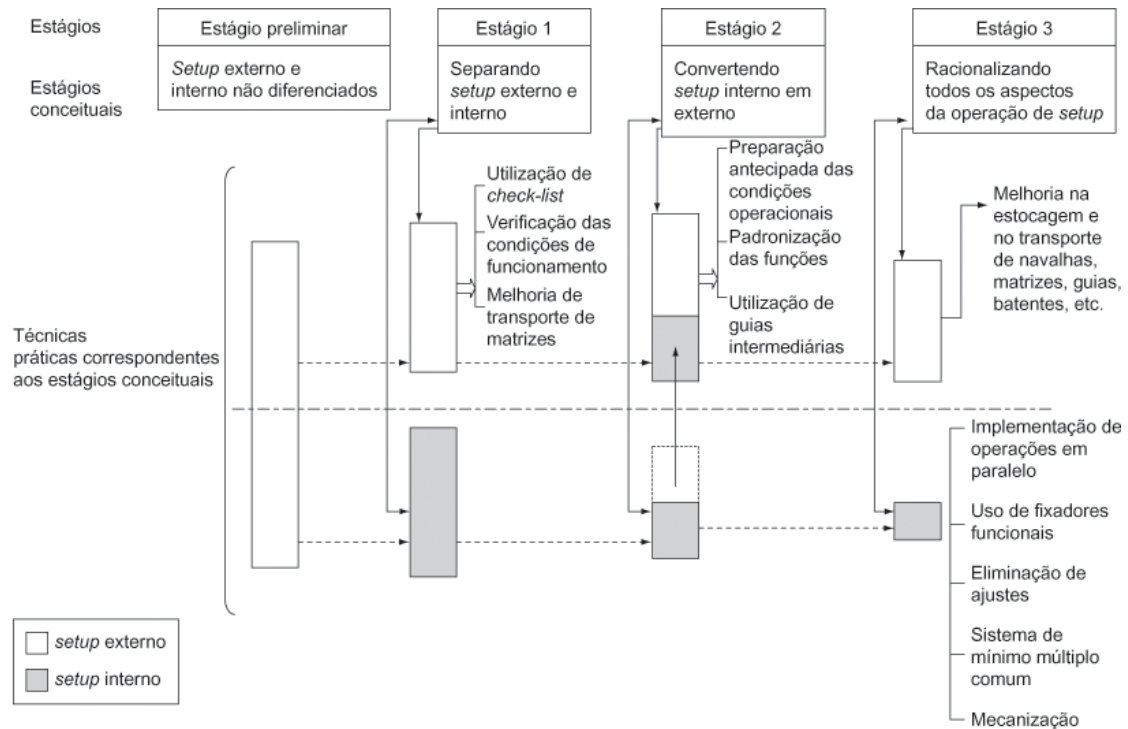


Figura 8- SMED (Shingo, 2000)

O conceito implementa-se em 4 estágios distintos, em que:

Estágio preliminar – existe uma indiferenciação entre *setup* interno e externo.

Este estágio apenas permite obter os parâmetros de tempo inicial das atividades realizadas no *setup*. Shingo (1985) sugere a possibilidade da utilização do estudo do método, uso de cronómetro para obter os tempos, de entrevistas com os operadores e ainda da filmagem da operação para posterior análise. O autor também indica que "[...] observações e discussões informais com os trabalhadores geralmente são suficientes", (Shingo, 1985).

Estágio 1 – Separar o *setup* interno e externo

Neste estágio organizam-se as atividades, classificando-as e separando-as como *setup* interno, as que são realizadas com a máquina parada e, *setup* externo como sendo as atividades realizadas com a máquina em funcionamento, de acordo com o tipo de operações realizadas na etapa ou processo. Shingo (1985) afirma na sua literatura que "[...] se for feito um esforço científico para realizar o máximo possível da operação de *setup* como *setup* externo, então, o tempo necessário para o interno pode ser

reduzido de 30 a 50%. Controlar a separação entre setup interno e externo é o passaporte para atingir o SMED”.

Estágio 2 - conversão do setup interno em setup externo

A meta a atingir pela ferramenta SMED, redução de tempo do *setup*, ainda é insuficiente com a aplicação do estágio 1, sendo necessário rever as operações para perceber se ainda existe alguma que tenha sido considerada erradamente ou que possa ser convertida para *setup* externo, tendo como objetivo a eliminação do máximo de operações no *setup* interno. Pretende-se com este estágio separar todas as operações, por forma, a que se realizem todas as operações do *setup* interno de forma sequencial ou contínua, estando todas as atividades do Setup externo a ser realizadas com a máquina em funcionamento.

Estágio 3 - melhoria sistemática de cada operação básica do setup interno e externo

"*Melhoria sistemática de cada operação básica do setup interno e externo*" é a definição dada por Shingo (1988), sendo esta a definição que permite compreender este estágio da implementação do SMED e, como esta ferramenta possibilita uma melhoria contínua. De acordo com Simões (2010), temos quatro aspetos relevantes na otimização das atividades internas:

- Eliminar ajustes – regra em geral, os ajustes preenchem 50% do tempo de *setup*. O objetivo é eliminá-los;
- Executar operações em paralelo - distribuir uma tarefa de *setup* por 2 ou mais pessoas de forma a reduzir o tempo;
- Utilizar apertos rápidos - substituir a utilização de parafusos convencionais por parafusos de aperto rápido. Utilizar outros tipos de aperto adequados a cada situação, tais como cavilhas, grampos e molas de fixação.
- Automatização dos mecanismos - Para tornar o processo mais rápido é possível recorrer à tecnologia mas é necessário ter-se em consideração a relação benefício/custo.

Atingir o *single-minute* (dígito único) poderá ser apenas alcançada no estágio 3, sendo imprescindível a melhoria contínua em ambos os *setups*, externo e interno. Para se alcançar o objetivo, Shingo (1985) elabora uma tabela, a Tabela 2, onde indica técnicas para cada um dos estágios conceituais por forma a obter-se a melhoria contínua.

Tabela 2- Estágios conceituais do SMED e técnicas associadas (Shingo, 1985)

Estágio Conceitual	Técnicas associadas
Estágio 1	Utilização de uma <i>check-list</i> ;
	Verificação das condições de funcionamento;
	Melhoria no transporte de matrizes;
Estágio 2	Preparação antecipada das condições operacionais;
	Padronização de funções;
Estágio 3	Melhoria no <i>stock</i> e transporte de matrizes;
	Implementação de operações em paralelo;
	Uso de apertos rápidos;
	Eliminação de ajustes;
	Mecanização.

2.2.5. Overall Equipment Effectiveness

Nakajima (1988) implementou uma ferramenta, a métrica quantitativa designada como Eficácia Global do Equipamento, ou Overall Equipment Effectiveness (OEE), dirigida para os equipamentos ou máquinas de acordo com a filosofia de gestão TPM. De acordo com Tsarouhas (2012), a medição da OEE é fundamental para formulação e execução de uma estratégia de melhoria, proporcionando um método sistemático para o estabelecimento de objetivos de produção e para uma visão global da disponibilidade do processo, da eficiência do desempenho e da taxa de qualidade.

Como indica o estado da arte, nomeadamente, Samuel, Dismukes, Shi, Su, Wang, Razzak e Robinson (2002), esta métrica constitui um indicador de desempenho e um guia para a determinação de oportunidades de melhoria. Para além disso, é possível a determinação das perdas e das causas principais para as falhas e tempos de inatividade das máquinas.

A OEE engloba três importantes componentes: a disponibilidade, a eficiência e a qualidade.

De acordo com o criador do OEE, Nakajima (1988), existem seis principais perdas de equipamento:

1. Perdas relacionadas com a falha/avaria de um equipamento, podendo ser perdas de tempo – quando a produtividade é reduzida – ou perdas de qualidade – causadas por produtos não conformes.
2. Perdas de tempo em ajustes/*setups*, resultantes de tempos de inatividade e do surgimento de produtos defeituosos. Estas perdas acontecem, maioritariamente, na mudança de produção para outro tipo de produto, requerendo o ajuste dos equipamentos.
3. Perdas inerentes à ocorrência de pequenas paragens na produção ou de tempo ocioso, resultantes de funcionamentos defeituosos dos equipamentos.
4. Perdas relacionadas com a reduzida velocidade de produção, a qual é dada pela diferença entre a velocidade atual e a velocidade ideal de um equipamento.
5. Perdas de baixo rendimento, que ocorrem maioritariamente no início do funcionamento dos equipamentos, devido à necessidade de estabilização inicial.
6. Perdas de qualidade, englobando produtos inconformes e produtos que necessitem de retrabalho, que surgem devido a funcionamento defeituosos dos equipamentos.

Existem diversas classificações para as perdas, nomeadamente, perdas de tempo de inatividade, perdas de velocidade e perdas de qualidade. Tsarouhas (2012) classifica as perdas 1. e 2. como perdas de inatividade que são usadas para o cálculo da disponibilidade de um equipamento, enquanto as perdas 3. e 4. definem a eficiência de desempenho do equipamento e são designadas por perdas de velocidade. As perdas de

qualidade, nomeadamente, sucata e perdas de arranque, que constituem a taxa de qualidade são as 5. e 6.

O cálculo do indicador de desempenho de OEE consiste na multiplicação das seguintes métricas, exemplificadas nas equações seguintes:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo produção programado} - \text{Tempo de paragens não programadas}}{\text{Tempo de produção planeada}} \quad (2)$$

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Total de peças} \times \text{Tempo de ciclo ideal}}{\text{Tempo operacional da máquina}} \quad (3)$$

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Total de peças} - \text{Peças rejeitadas}}{\text{Total de peças}} \quad (4)$$

A análise do indicador de desempenho é feita através de um gráfico das três variáveis atrás apresentadas, sendo possível discriminar a origem de um eventual valor reduzido associado à eficácia global de um equipamento. Podem ser consultados os dados detalhados responsáveis pelos valores de disponibilidade, eficiência e qualidade associados a uma máquina. No caso da disponibilidade, é possível obter a lista de dados relativos às causas de paragem da máquina, no período de tempo desejado. Outra utilidade bastante importante desta ferramenta é a possibilidade de consultar os dados detalhados associados ao valor global de qualidade obtido, onde é possível discriminar todos os tipos de defeitos detetados e seus respetivos pesos relativos. Assim, esta ferramenta *Lean* constitui um indicador de desempenho e um guia fundamental para a determinação de oportunidades de melhoria.

2.2.6- Kanban

2.2.6.1- Conceito de Kanban

Uma das pretensões da metodologia *Lean* e, principal característica do JIT, a produção puxada, aspira à produção das peças necessárias, no momento da necessidade do cliente.

Esta necessidade é sinalizada através dum cartão – *Kanban* (palavra japonesa que significa cartão), (Ohno, 1997).

Esta ferramenta foi desenvolvida por Taiichi Ohno, por volta de 1953, para ser aplicada na *Toyota Motor Company* chamando-se, primeiramente, de Sistema de Supermercado. Neste cartão, inicialmente, pequenos pedaços de papel, eram indicados o número do item de uma peça e também outras informações referentes ao trabalho de fabrico. Apesar da designação atribuída a sua aplicação foi efetuada na indústria mas, Ohno (1997) desenvolveu esta ferramenta a partir das observações efetuadas nos supermercados americanos. As observações foram conclusivas, as prateleiras têm espaços demarcados para cada item e, apenas quando esvaziavam é que são reabastecidos, ou seja, só realmente quando havia necessidade.

A aplicação desta ferramenta, o *Kanban*, à indústria resume-se à produção de pequenos lotes, sendo que cada um é arrecadado em caixas uniformizadas, contendo um número definido de peças. Cada caixa vai passando ao longo dos centros de trabalho, até à expedição como produto acabado e, é sempre acompanhado por um cartão *Kanban* que acompanha as peças ao longo de todo o processo, etapa ou operação (Pinto, 2009). Resumidamente, o sistema *Kanban* consiste em sobrepor ao fluxo de materiais um fluxo inverso de informação, sendo uma técnica de controlo visual para regulação da produção e que tem características simples de controlo de produção.

2.2.6.2- Tipos de *Kanban*

De acordo com o tipo de operações a realizar, existem três tipos de *Kanban* que podem ser utilizados. De acordo com Pinto (2009) são:

- *Kanban de produção* (autoriza a produção) – todas as operações de fabrico têm de ser realizadas com a presença de um *Kanban* de produção a autorizar.
- *Kanban de transporte* (autoriza a movimentação do material de um ponto para outro) – Não podem existir operações de movimentação sem a presença de um *Kanban* de transporte autorizando a operação, este cartão possui, normalmente, todas as informações do *Kanban* de produção sendo adicionada a indicação do centro de produção de destino.

- *Kanban de fornecedores* (autoriza o fornecedor a enviar material) – Este cartão é muito idêntico ao de transporte, mas é usado com fornecedores externos. Autoriza fornecedores externos à empresa a fazer uma entrega de um lote, especificado no cartão ao operador interno, desde que todo o lote anterior tenha sido consumido.

Apesar de existirem três tipos de *Kanban*, cada indústria ajusta os tipos de *Kanban* às suas necessidades, existem casos de empresas onde apenas se usa um tipo de *Kanban* (*Kanban* de produção), no entanto, muitas empresas usam dois tipos de *Kanbans* (*Kanban* de produção e *Kanban* de transporte). No caso mais geral, podem ser considerados os três tipos de *Kanbans* (Aquino e Matar, 1998): *Kanban* de transporte, *Kanban* de produção e *Kanban* de fornecedor.

2.2.6.3- Requisitos para o bom funcionamento do sistema *Kanban*

Para que o sistema *Kanban* tenha sucesso na sua implementação são necessários garantir alguns requisitos segundo Oliveira (2010), nomeadamente:

- Usar em processos que estejam preparados para uma produção nivelada e uniformizada garantindo um fluxo estável;
- Necessidade de uma boa implantação (*Layout*) dos postos de trabalho;
- Reduzidos tempos de transporte;
- Mão-de-obra disponível;
- Necessidade de tempos de *setup* curtos;
- Matéria-prima sempre disponível.

2.2.6.4- Funcionamento do sistema *Kanban*

Para melhor compreender o funcionamento do sistema *Kanban*, apresenta-se a Figura 6, onde este está representado o sistema concetual, (Chiarini, 2012). O cartão com a letra *A* de cor castanha representa o *Kanban* de transporte interno e o cartão com a letra *A* de cor verde representa o *Kanban* de produção. De acordo com a cor do cartão, a zona de

produção está representada a verde e a zona onde são consumidos os produtos encontra-se do lado direito da imagem, sendo a zona de transporte representada a castanho.

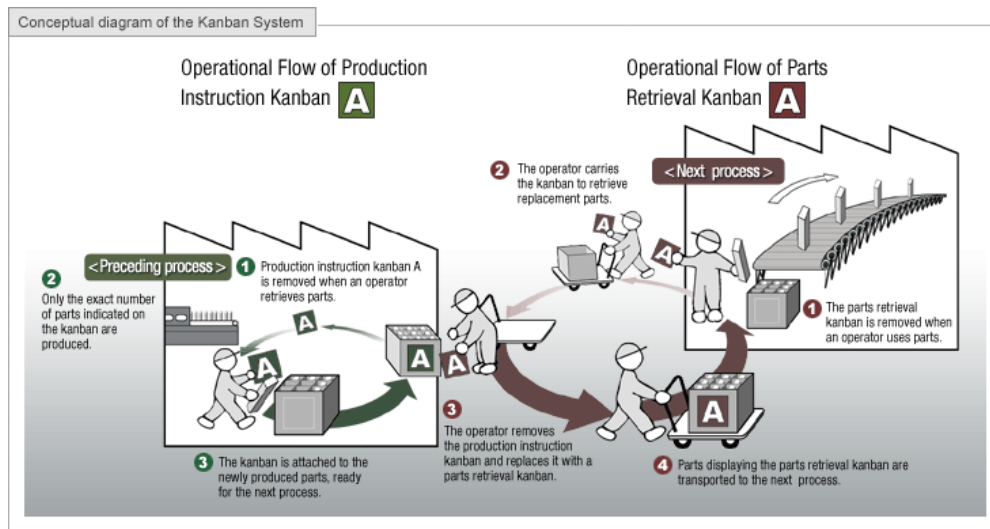


Figura 9- Princípio de funcionamento do sistema Kanban (Chiarini, 2012)

O início de todo o processo é no ponto 1 castanho (à direita), onde o operador retira as peças da caixa e as coloca na linha, assim que termina de esvaziar a caixa, o operador mantém o *Kanban* de transporte (castanho) dentro desta, o que indica a necessidade de reposição destas peças.

O operador após identificação da necessidade das peças leva a caixa vazia com o *Kanban* de transporte (ponto 2 castanho) dentro da caixa, até ao ponto 3 castanho que é o ponto para apanhar as novas peças. O operador retira o *Kanban* de produção da caixa cheia de peças pretendidas e coloca-o na caixa vazia que segue no processo de produção (verde). A caixa com as peças segue (ponto 4 castanho) para linha onde são consumidas (Ponto 1 castanho), com o *Kanban* de transporte.

Quando o operador coloca a caixa vazia com o *Kanban* de produção no sistema de produção (ponto 1 verde), inicia-se este processo, com a indicação das peças necessárias (ponto 2 verde). Quando a indicação do *Kanban* for realizada, colocam-se as peças na caixa com o *Kanban* de produção (ponto 3 verde) no local de expedição definido (ponto 3 castanho).

Na implementação do sistema *Kanban*, deve-se ter em consideração que, apenas um cartão *Kanban* deve acompanhar a caixa durante o transporte e, que a informação que

consta no *Kanban* deve condizer aos materiais a que este está associado, (Chiarini, 2012).

2.3- A importância da qualidade

Ao longo dos tempos, a qualidade foi adquirindo um papel essencial para o sucesso de qualquer organização. Tal como a introdução da metodologia *Lean*, tudo começou com a revolução industrial e com o início da produção em massa. Foi nesta altura que se sentiu a necessidade de realizar um maior controlo na qualidade para se atingir uma maior produtividade, então o controlo passou a ser feito conforme a aplicação de vários métodos estatísticos para que a qualidade exigida pelos consumidores fosse cumprida.

Inicialmente, a tendência normal na implementação do processo de qualidade é a dos quadros superiores, nomeadamente os diretores da empresa, determinarem os parâmetros, obtidos após uma extensa análise. É de acordo com estes parâmetros que deve reger-se a conformidade, permanecendo inalterados durante longos períodos de tempo.

Ao longo dos tempos concluiu-se que têm de ser os clientes a determinar as variáveis a ser consideradas e os parâmetros a ser definidos num processo de qualidade, sendo ajustados constantemente às necessidades dos clientes.

Atualmente e, segundo Cruz e Carvalho (1998), “qualidade é a conformidade em relação a especificações e parâmetros definidos, conhecidos por todos na empresa e estabelecidos pelo cliente, em permanente revisão para que se encontrem em cada momento dinamicamente ajustados às suas reais necessidades”.

Em todos os processos deve haver uma normalização, pelo que, inicialmente surgiram as normas ISO 9000 que regem o controlo dos produtos e serviços. Atualmente, devido à contínua evolução dos recursos humanos foi desenvolvida a denominada “Total Quality Management”, inicialmente designada por “Gestão de Qualidade”.

Este processo, inicialmente, tinha como principal objetivo o controlo de qualidade do produto ou serviço, nomeadamente se este estava de acordo com as especificações técnicas. Ao longo dos tempos, constata-se uma evolução no conceito, sendo que se

considera como qualidade a importância de satisfazer as necessidades dos clientes externos, fornecedores, acionistas, funcionários e da administração.

Para existir controlo é necessário saber em relação a que medir a conformidade ou inconformidade, por isso estabelecem-se as seguintes etapas de acordo com Cruz e Carvalho (1998):

- Definir as várias áreas relativamente às quais se vão determinar especificações e parâmetros;
- Determinar as especificações e definir parâmetros;
- Definir um plano com objetivos de progresso;
- Montar um sistema de informação que preveja a medição contínua e sistemática de todas as variáveis parametrizadas;
- Assegurar uma ampla comunicação interna que preveja o conhecimento dos objetivos por todos os colaboradores e a ampla divulgação dos progressos realizados.

Neste processo a direção tem um papel muito importante no de proporcionar diversos aspetos facilitadores de implementação do processo, não devendo funcionar como um elemento controlador como fazia no processo clássico. Alguns desses aspetos facilitadores, de acordo com Cruz e Carvalho (1998), são:

- Criação do clima de trabalho propício à fixação de objetivos relevantes para os clientes (e não para a empresa);
- Enquadramento dos funcionários de forma a que estes sejam os primeiros interessados pela conformidade dos processos e progresso evolutivo da empresa;
- Definição de um esquema de remuneração que envolva todos os colaboradores, em todas as funções, premiando através de uma parte remuneratória variável;
 - A performance individual;
 - A performance do grupo em que o colaborador se insere;
 - A performance global da empresa.

A qualidade deve considerar a excelência dos produtos e serviços colocados à disposição, tendo em consideração a necessidade de satisfação dos clientes internos e externos. É essencial neste processo o entendimento das necessidades do cliente para que estas possam ser devidamente satisfeitas.

Torna-se evidente que é necessário colocar a qualidade pessoal em primeiro plano com todas as suas respetivas filosofias, os seus métodos e as suas ferramentas. Esta ação representa uma revolução no campo do desenvolvimento da qualidade, porque inspira as pessoas que estão a produzir os bens para que o façam melhor e mais motivados, não se tratando de apenas de produzir produtos ou serviços perfeitos.

Capítulo 3 – Desenvolvimento do estágio / projeto

Este capítulo tem como intuito o foco na vertente mais prática, começando com a caracterização da empresa onde o estágio se realizou, para se descrever quais os tipos de atividades que se realizaram e, posteriormente, os casos práticos de conceitos abordados e úteis para a empresa.

3.1- Caracterização da empresa

3.1.1- Apresentação da empresa

A Triangle's é uma empresa apoiada pelo programa Portugal 2020 que resulta da junção de três outras empresas ligadas ao setor do ciclismo: Rodi; Ciclo Fapril; e Miranda & Irmão. Dedicada a sua atividade à produção de quadros em alumínio, sendo a única a produzir este tipo de produto na Europa e destacando-se também por ser pioneira a nível mundial por possuir o processo de soldadura robotizada. Fabrica, na sua maioria, quadros para bicicletas citadinas, bicicletas de montanha e o inovador mundo das E-Bikes.



Figura 10- Exemplo de um quadro e seus constituintes

A empresa é certificada pelas normas ISO 9001, ISO 14001 e OSHAS 18001/NP 4397; a Triangle's, dada a sua caracterização, procede em sintonia com a qualidade, assegurando a segurança e saúde no trabalho e nunca perdendo de vista a preocupação em mitigar impactos ambientais negativos.

Sendo a maior parte do seu volume produtivo para exportação, a Triangle's rege-se por normas e requisitos legais nacionais e internacionais, permitindo a boa circulação do produto entre os vários pontos de destino do mesmo.

3.1.2. Contexto da Organização

Em alinhamento com as orientações estratégicas e o seu propósito, a Triangle's determina, por exemplo, através de uma análise SWOT, as questões internas e externas que potenciam a afetação da sua capacidade para atingir os objetivos pretendidos para o Sistema de Gestão (SG), procedendo à análise dos pontos fortes, fracos, oportunidades e ameaças levantados com esta ferramenta.

Focada na melhoria do desempenho e desenvolvimento sustentável, todos os fatores que poderão provocar desvios nos resultados finais e no cumprimento dos objetivos da Triangle's, deverão ser motivo de monitorização e alvo de uma tomada de ações que a organização considere adequadas, constituindo assim um pensamento baseado no risco.

São determinadas também as necessidades e expectativas das partes interessadas (stakeholders) mais relevantes.

A informação documentada desta determinação é monitorizada e revista periodicamente (em função dos resultados obtidos, das alterações às orientações estratégicas e às questões internas e externas) e, obrigatoriamente, na revisão pela Gestão ao SG.

3.1.3. Visão e Valores

Superar as expectativas dos Clientes e do Mercado, com base em modelos de negócio sustentados, com Recursos Humanos qualificados, motivados e geradores de propostas de valor e soluções únicas para os nossos Clientes.

Ser uma empresa de referência e líder a nível Europeu, no sector do *Desenvolvimento e Fabricação de Quadros em Alumínio para Bicicletas*.

Os valores da empresa são os seguintes:

- Foco permanente na satisfação do Cliente;

- Utilização de tecnologia de ponta;
- Comunicação, respeito, confiança e elevado sentido de missão de todos os Colaboradores da Triangle's;
- Dotar cada projeto da capacidade técnica, de meios humanos e financeiros que permitam obter ou superar os resultados esperados pelo Cliente;
- Rigor no cumprimento dos requisitos técnicos e obrigações legais;
- Desenvolvimento de uma cultura de excelência em toda a organização, assente nos princípios da Gestão da Qualidade;
- Exercício da atividade baseada no cumprimento da legislação e das normas aplicáveis;
- Compromisso da melhoria contínua das condições de Segurança e Saúde no Trabalho (SST);
- Participação ativa na melhoria do desempenho ambiental e respeito pelo Ambiente.

3.1.4- Organograma da empresa

O organograma da empresa é ilustrado na Figura 8. Podemos verificar através da figura 8 que o departamento de produção da empresa é constituída por 5 naves sendo elas: nave 1 onde se produzem os tubos, nave 2 onde se realiza a soldadura dos tubos, a nave 3 é o setor da maquinação e embalamento, na nave 4 utiliza-se a técnica hydroform, processo de conformação de tubos através da pressão da água, esta nave trabalha em conjunto com a nave 1, e por fim a nave 5 onde é realizada a pintura.

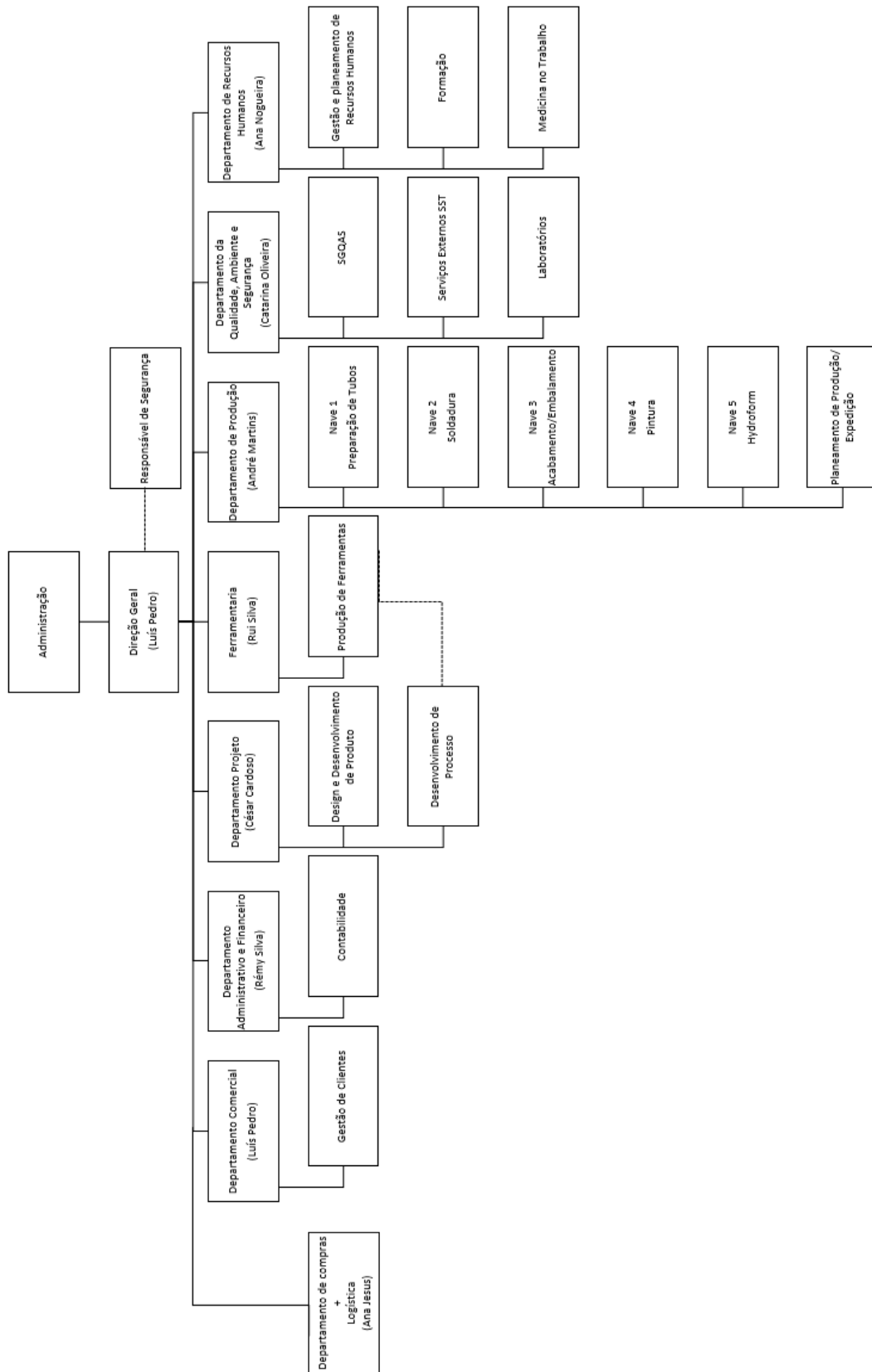


Figura 11- Organograma da empresa Triangle's

3.2- Apresentação do problema para o estudo de caso

Como já foi referido a Triangle's é uma empresa pioneira a nível mundial por possuir o processo de soldadura robotizada. O trabalho levado a cabo no âmbito deste projeto pretende contribuir para a otimização da linha de produção de soldadura robotizada.

Para uma melhor compreensão da problemática é necessário entender o processo produtivo da linha 1 da nave 2, que se descreve seguidamente: Os tubos entram no robô op320 para soldar o BB, o DT e o ST, passando de seguida para o op330, para soldar o HT. Após estes processos é colocado um espigão para garantir a conformidade do ST ao soldar o TT no robô op340. No robô op410 são soldados os triângulos traseiro esquerdo e direito, que são constituídos pelo SS, CS e Dropout. Posteriormente, no Robô op610 é soldado o triângulo traseiro direito ao triângulo frontal e, de seguida, o triângulo traseiro esquerdo e a bridge do SS na op630. Após este processo de soldadura robotizada, o quadro entra na cabine de soldadura manual onde é soldada a *bridge* do CS e é realizado algum possível retrabalho. Após a soldadura manual o quadro é inspecionado e enviado para a nave 3.

Nestas circunstâncias as linhas de produção de soldadura mereceram uma especial atenção por parte dos responsáveis da empresa, ao constatarem uma elevada ineficiência na sua produção e lhe reconheceram um elevado potencial de melhoria.

Para solucionar o problema delineou-se o objetivo geral: otimizar e melhorar o setor de soldadura da empresa. Com a finalidade de atingir o objetivo geral, delinearam-se os objetivos específicos: incrementar os índices de desempenho da produção, melhorar a organização da secção e apoiar a equipa de produção.

Entre os diversos problemas de eficiência (desperdícios, perdas) identificados na produção/soldadura dos quadros de bicicleta, incluíam-se elevados níveis de *stock* intermédio, e por consequência um elevado *Lead Time*, e um baixo valor do OEE, principalmente na métrica disponibilidade e eficiência, respetivamente.

Além de se pretenderem alterações diretamente ligadas à redução ou eliminação destes problemas, a empresa pretendia também que o projeto de melhoria desta linha de produção, pudesse funcionar como modelo para a adoção da filosofia *Lean* que a empresa preconizava.

Foram assim definidos como principais metas para este projeto: a redução do *stock* intermédio, do *Lead Time* assim como o aumento da produtividade em geral.

Para se alcançarem as metas estabelecidas desenvolveram-se 6 projetos: Implementar a ferramenta 5 “S” no setor de soldadura, desenvolver a metodologia SMED em conjunto com a ferramenta 5 “S” no setor de soldadura, implementar da ferramenta Kanban, reduzir os desperdícios com otimização do setor, calcular o OEE e apoiar o controlo dimensional.

3.3- Aplicação prática dos conceitos

3.3.1- Aplicação do Value Stream Mapping

O VSM, como referido, é uma ferramenta do *Lean Manufacturing* que permite o mapeamento e a visualização do fluxo de valor assim como a identificação de fontes de desperdício na produção. Desta forma o VSM é uma ferramenta importante para apoiar a eliminação de desperdícios, permitindo desenhar um estado futuro servindo de suporte à aplicação de outras ferramentas *Lean*. O VSM envolve um conjunto de passos, já descritos anteriormente, que ilustram seguidamente para o caso concreto do da produção de quadros *Lady* da marca Gazelle.

1ª Etapa – Seleção da família de produtos

No âmbito deste projeto, a seleção da família de produtos a abarcar, foram os quadros do modelo *Lady*, onde na sua produção foram identificados vários desperdícios, ineficiências, como o uso de espigões, e um elevado potencial de melhoria.

2ª Etapa – Desenhar o estado atual

O objetivo do desenho do estado atual, é obter uma “fotografia” do estado do processo antes das intervenções de melhoria de modo a compreender os fluxos de material e de informação, ajudando a reconhecer os desperdícios, para posteriormente serem eliminados.

Para tal, foi realizado uma visita “porta-a-porta” a todos os subprocessos associados à produção/soldadura dos quadros, de modo a facilitar a recolha dos dados acerca dos

mesmos e a identificar os desperdícios associados. A figura 12 ilustra o VSM no estado inicial.

A entrega da matéria prima à nave 2 não é nivelada causando tempos de espera. Posteriormente a isso os tubos entram no robô op320 para soldar o BB, o DT e o ST, passando de seguida para o op330 para soldar o HT. Após estes processos é colocado um espigão para garantir a conformidade do ST ao soldar o TT no robô op340, provocando *Stock* intermédio devido à falta de espigões. No robô op410 é soldado o triângulo traseiro esquerdo e direito, que são constituídos pelo SS, CS e DP). Posteriormente no Robô op610 é soldado o triângulo traseiro direito ao triângulo frontal e de seguida o triângulo traseiro esquerdo e a bridge do ss na OP630. Após este processo de soldadura robotizada o quadro entra na cabine de soldadura manual onde é soldada a bridge do cs e algum possível retrabalho. Na entrada da cabine de soldadura manual surge um estrangulamento e consequentemente *stock* intermédio devido aos robôs serem mais rápidos que os soldadores. Após a soldadura manual o quadro é inspecionado e enviado para a nave 3.

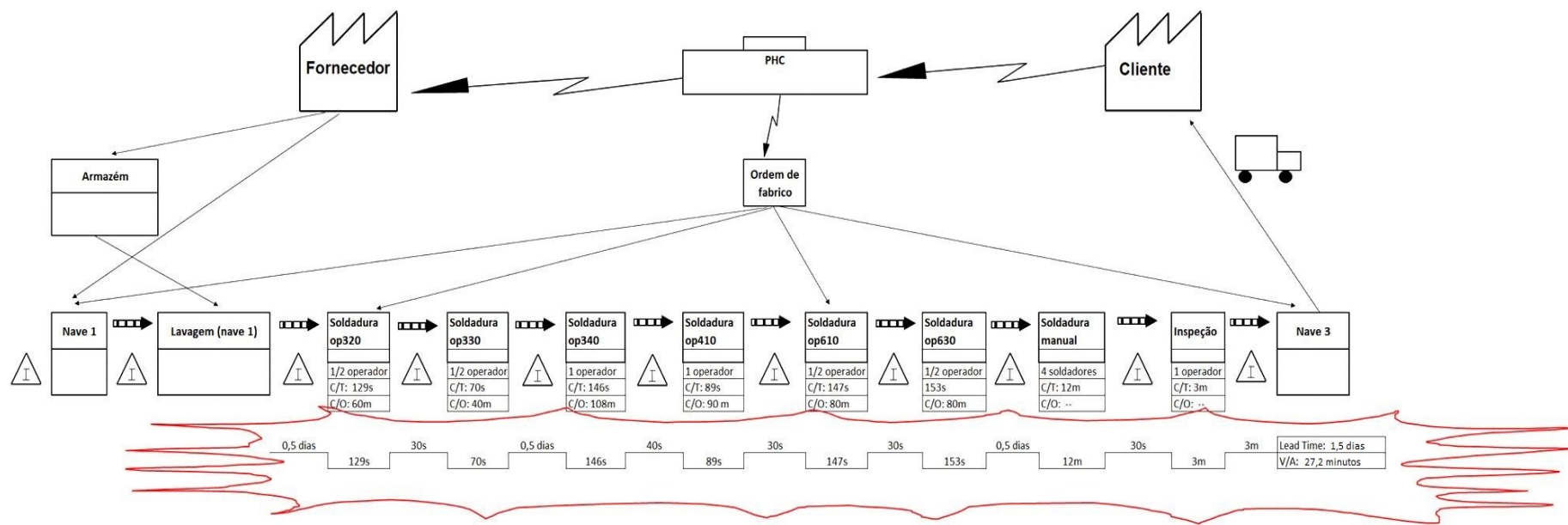


Figura 12- VSM inicial

Durante a elaboração do mapa VSM do estado inicial e a visita “porta-a-porta” foram identificados vários desperdícios do fluxo produtivo, dos quais se destacam e foram considerados prioridade minimizar e/ou eliminar:

- Quantidades elevadas de *stock* intermédio, causadas pelos estrangulamentos, o que se refletia num *Lead Time* de 1,5 dias.
- Desperdício de transportes e movimentos, os quadros tinham de ser descarregados e depois carregados novamente.
- Abastecimento ineficiente de alguns robôs.
- Desperdícios nos tempos de ciclo e de *setup*.

3ª Etapa – Desenhar o estado futuro

No terceiro passo do VSM, a partir da análise feita à situação inicial e dos desperdícios identificados é desenhado o VSM do estado futuro. Neste passo vai ser, portanto, apresentada a definição do estado futuro elaborada, e a descrição, com exemplos, das principais mudanças efetuadas através da implementação de algumas ferramentas *Lean* de modo a atingir o estado futuro.

Cálculo do *takt-time*

Calculou-se o *takt-time*, ou seja, o ritmo da procura do cliente, de modo a tentar sincronizar a produção com a procura. Tendo em conta que a procura dos quadros era relativamente estável, considerou-se a procura em 1000 unidades semanais, ou seja, 200 unidades por dia. Teve-se como referência o robô op630, uma vez que este apresentava um tempo de ciclo maior. O tempo disponível para produzir foi calculado da seguinte forma:

$$\text{Tempo disponível} = ((8\text{h} * 60') - 10' (\text{intervalo}) - 5' (\text{limpeza})) * 60'' = 27900''$$

Considerou-se uma eficiência de 90% obtendo-se um tempo disponível de 25110''. Obteve-se um *takt-time* de 125,6'', através do cálculo da seguinte equação:

$$\text{Takt-time} = 25110/200 = 125,6 \text{ s}$$

Portanto, a cada 125,6s deveria produzir-se um quadro.

Análise ao fluxo e operações

Depois de definido o ritmo a que se devia produzir, analisou-se o fluxo e as operações, de forma a obter-se um fluxo contínuo sempre que possível. Foi decidido levar a cabo um conjunto de mudanças, que seguidamente se descrevem:

- Organização da linha, das ferramentas e utensílios (5S);
- OEE;
- Otimização da linha de soldadura robotizada;
- Otimização da linha de soldadura manual.

A Figura 13 ilustra o VSM do estado futuro elaborado que se pretendia implementar.

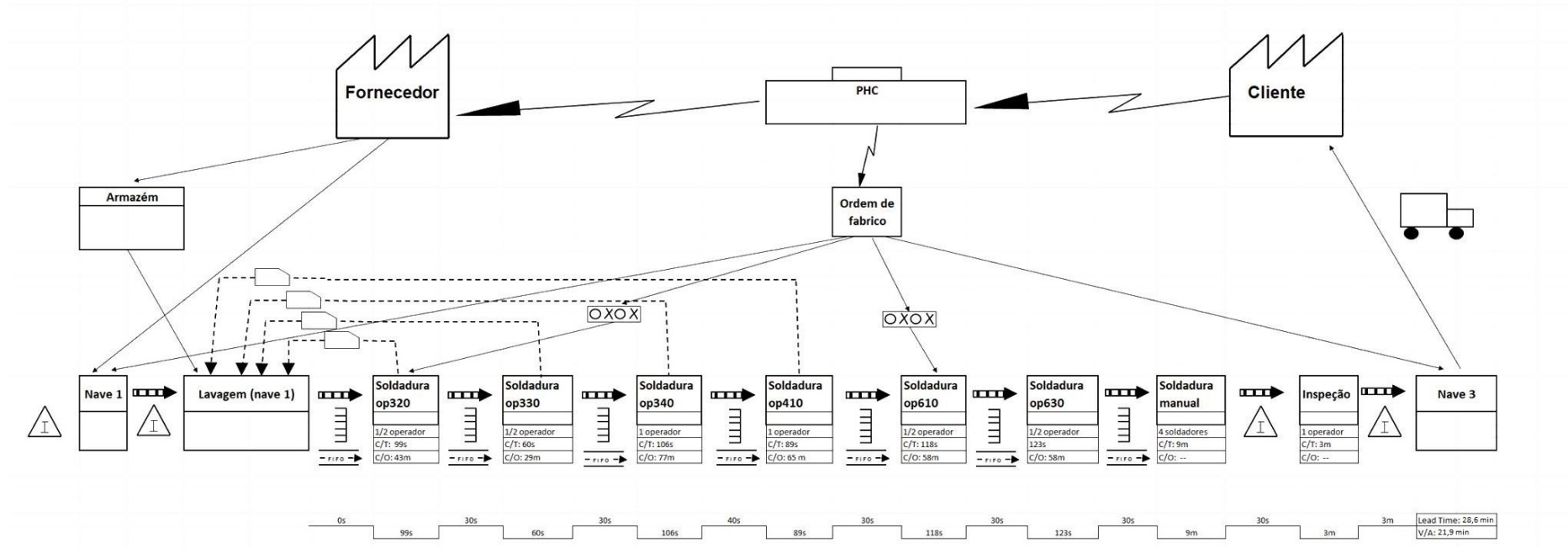


Figura 13- VSM final

4ª Etapa – Atingir o estado futuro

Como referido anteriormente o propósito do VSM é a ação, a concretização do desenho do estado futuro definido. No passo anterior, à medida que se foi desenhando o estado futuro, e definindo as principais melhorias, estas foram sendo descritas e ilustradas.

Assim sendo, nesta fase, mais do que descrever novamente o que se mudou, importa descrever brevemente como se atingiu o estado futuro. As melhorias implementadas visaram a otimização da linha de soldadura robotizada e manual, tendo a maioria das atividades passado de internas para externas ou eliminadas.

A metodologia aplicada contribuiu com melhorias na otimização da linha de soldadura robotizada, tendo diminuído o tempo de ciclo. A implementação do 5S e a monitorização da OEE tiveram um papel fundamental nos resultados obtidos.

As melhorias da otimização da linha de soldadura manual ajudaram a reduzir os problemas de disponibilidade (devido à falta de espigões) e conseqüentemente a diminuir o *Lead Time*.

3.3.2- Aplicação dos conceitos 5S

A implementação dos 5S foi realizada na linha 1 da nave 2, que é uma linha de produção de soldadura robotizada (Figura 9) com grande importância para a empresa devido ao facto de ser a única a funcionar a 100%.

A preferência por este centro de trabalho resume-se aos seguintes tópicos:

- É uma linha de produção com grande valor para a empresa;
- É um centro de trabalho com pouca organização;
- Além de ser um centro de trabalho muito importante, está numa das frentes dos corredores, criando assim um maior impacto visual nas visitas dos clientes.

Em suma, iniciou-se a etapa de planeamento, *Plan*, onde se estabeleceram os objetivos e se elaborou um plano de implementação do conjunto de práticas para a manutenção e otimização do local de trabalho.



Figura 14 - Linha de produção

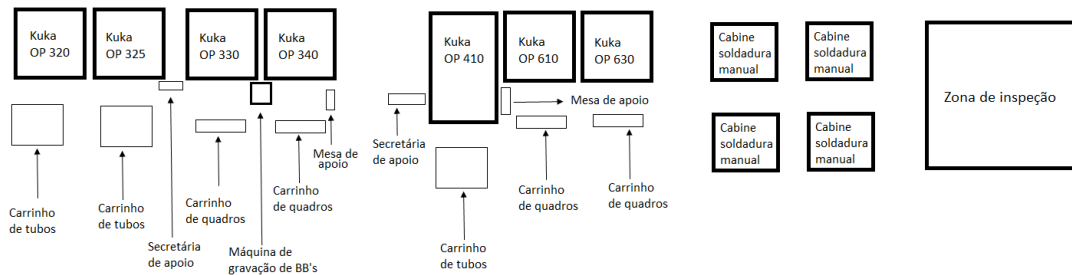



Figura 15- Layout da Linha de produção

O passo seguinte foi uma reunião com o diretor de produção, os dois engenheiros responsáveis e os operadores, sendo as ações tomadas aprovadas por todos, na qual se definiram os principais objetivos e as ações a serem tomadas, tendo como resultado final a Tabela 3, designada OPL, por recorrer ao formato de *Open Point List*. De acordo com Pinto (2009), iniciou-se o *Seiri* (organização), em que se pretendia identificar o necessário e o desnecessário do local de trabalho para posteriormente se eliminar o desnecessário.

Tabela 3- OPL 5S

		OPL - 5S					
#	Assunto	Reunião nº	Pedido	Responsável	Data de início	Data de conclusão	Status
1	Organizar secretária e registos das op300	1	José Lopes	José Lopes	14-11-2017	14-11-2017	A
2	Remover caixas da sucata de ferro e alumínio de ao pé da op 340	1	José Lopes	José Lopes	14-11-2017	14-11-2017	A
3	Mover os quadros do chão para o local indicado	1	José Lopes	Eng. Tiago Simões	14-11-2017	15-11-2017	A
4	Remover caixa de transferencia do chão	1	José Lopes	Eng. Tiago Simões	14-11-2017	15-11-2017	A
5	Organizar a mesa de controlo	1	José Lopes	José Lopes	14-11-2017	14-11-2017	A
6	Mover as caixas de sucata para dentro dos robôs	1	José Lopes	José Lopes	14-11-2017	14-11-2017	A
7	Organizar secretária e registos da op 600	1	José Lopes	José Lopes	14-11-2017	14-11-2017	A
8	Remover quadros ao do chão ao pé da secretária	1	José Lopes	Eng. Tiago Simões	14-11-2017	15-11-2017	A
9	Remover caixas de cartão de ao pé da OP 610	1	José Lopes	José Lopes	14-11-2017	14-11-2017	A
10	Organizar a bancada de apoio da OP 610	1	José Lopes	José Lopes	14-11-2017	14-11-2017	A

Depois do planeamento, a etapa seguinte é a da execução, *Do*, tendo sido divulgado o plano de execução e iniciada a sua implementação. Seguidamente, recolheram-se e analisaram-se os dados obtidos, a etapa *Check*. A literatura apresenta o PCDA como um processo cíclico, sendo necessário por isso, no final de analisar os dados, definir novas ações de melhoria para consolidar os objetivos, reiniciando-se novamente todo o processo.

No final da aplicação do primeiro ciclo PDCA, foram registadas as alterações, para posteriormente se poderem observar e analisar e, assim se poder proceder à otimização de forma contínua para que o processo seja bem-sucedido.

A aplicação da ferramenta 5S no centro de trabalho, acima mencionado, possibilita uma maior organização, a melhoria do tempo de produção e também melhores condições de trabalho para os operadores. As melhorias vão ser apresentadas, num formato de “antes e depois”.

	Ficha de Melhoria	Nº <u>1</u>
	Secção: <u>Nave 2 – Linha 1</u>	


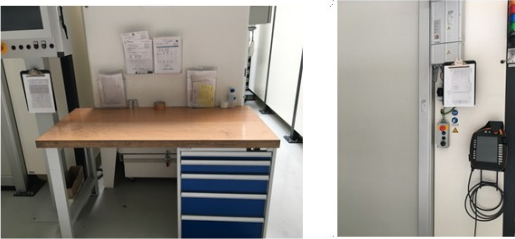
<p>Situação Inicial</p>  <p>Excesso de material desnecessário ao operador.</p>	<p>Situação Final</p>  <p>Local de trabalho mais organizado.</p>
---	--

Figura 16- Ficha de Melhoria Nº 1

Na ficha de melhoria 1 (Figura 11) constata-se a aplicação do 1ºS – *Seiri* (organização). Na implementação desta ferramenta seguiram-se todas as etapas que o estudo da arte propõe. Inicialmente foi registada a situação original do local antes desta implementação. Seguidamente, separou-se o que é necessário com a participação dos operadores, sendo identificadas todas as situações anormais (documentação solta na bancada de trabalho, excesso de material desnecessário ao operador). Posteriormente seguiu-se a etapa *Seiton*, arrumar, tendo sido colocados todos os objetos num lugar visível, com facilidade de manuseamento, proporcionando melhores condições de trabalho. Na imagem da ficha de melhoria 1, Figura 11, verifica-se na foto da direita que existem *clipboards* onde foram colocados os documentos para um acesso facilitado e o material desnecessário ao operador foi arrumado no local indicado, facilitando o acesso a todos. Com a colocação de *clipboards* fixos pretendeu-se criar padrões, *Seiketsu*, normalizar as operações para garantir a manutenção dos lucros.

	Ficha de Melhoria	Nº <u>2</u>
	Secção: <u>Nave 2 – Linha 1</u>	

Situação Inicial	Situação Final
	
Excesso de material desnecessário ao operador e à produtividade dos robots.	Local de trabalho mais organizado e produtivo.

Figura 17- Ficha de melhoria N.º 2

Na ficha de melhoria n.º 2 (Figura 12) constata-se na imagem da esquerda a existência de excesso de material desnecessário, nomeadamente, uma caixa e quadros, em frente ao robô. Iniciou-se por separar o que é necessário do que é acessório com o auxílio dos operadores, *Seiri* e, seguidamente implementou-se o *Seiton*, arrumar, colocando cada objeto no seu devido lugar, facilitando a mobilidade do operador e assim evitando possíveis desperdícios. Neste local foi ainda aplicado o *Seiso*, limpeza do local, tendo sido definidas praticas e distribuição de tarefas para a permanência do local limpo. Na foto da direita desta ficha de melhoria verifica-se um local mais limpo e produtivo, tendo-se criado padrões na colocação de material em excesso, normalizando as operações, *Seiketsu*.

A organização deste espaço garante a manutenção de ganhos e diminuição de desperdícios, tendo-se por isso, verificado um maior acompanhamento para que se cumpra todos os “S”, constatando-se uma autodisciplina, *Shitsuke*.

	Ficha de Melhoria	Nº <u>3</u>
	Secção: <u>Nave 2 – Linha 1</u>	
Situação Inicial  <p style="text-align: center;">Excesso de material desnecessário ao operador.</p>	Situação Final  <p style="text-align: center;">Local de trabalho mais organizado e seguro.</p>	

Figura 18- Ficha de Melhoria n.º3

A Ficha de melhoria n.º 3 (Figura 13) apresenta a ação efetuada sobre a mesa de controlo onde se realiza o controlo dimensional dos quadros. Nesta mesa encontram-se as ferramentas de medição e comparação, blocos para colocar o quadro no seu plano médio e o simulador de pedaleira. Na implementação da ferramenta 5S, iniciou-se pelo registo da situação inicial, imagem da esquerda na Figura 13, onde se verifica a existência de excesso de material desnecessário. No início encontravam-se todos os acessórios de todas as marcas em cima da mesa, sendo necessário escolher o acessório a usar. A documentação com os planos de controlo não estava organizada nem com facilidade de acesso, devido ao excesso de materiais desnecessários.

Fez-se a seleção do material de controlo dimensional dos quadros por marcas, ficando apenas o material de uma marca em cima da mesa e as ferramentas necessárias comuns a todas as marcas, libertando espaço para o operador trabalhar (*Seiri, Seiton*).

Na imagem da direita, da Figura 13, constata-se a organização da mesa, tendo sido colocado o material das restantes marcas na caixa em baixo da mesa, acesso facilitado, criando-se uma normalização do processo de controlo dimensional, *Seiketsu*.

A implementação desta ferramenta *Lean* à mesa de controlo, permitiu uma redução do desperdício e melhoria de desempenho do processo ao otimizar o local de trabalho, persistindo na manutenção dessa otimização (*Shitsuke*).



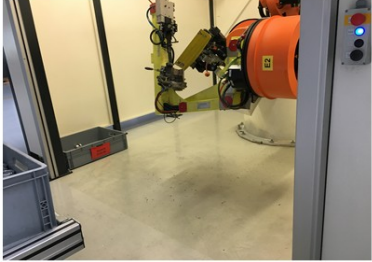
	Ficha de Melhoria	
	Nº <u>4</u>	
Secção: <u>Nave 2 – Linha 1</u>		
<p>Situação Inicial</p>  <p>Material sem local específico e numa zona de passagem.</p>	<p>Situação Final</p>  <p>Local de trabalho mais organizado e produtivo.</p>	

Figura 19- Ficha de melhoria n.º4

Na ficha de melhoria n.º4 , Figura 14, apenas se aplicou o *Seiton*, tendo sido colocada a caixa de produto não conforme que se encontrava em frente ao robô, num local mais adequado, facilitando o movimento do operador em frente deste. Esta alteração permite diminuir desperdícios e assim otimizar o local de trabalho.

	Ficha de Melhoria	
	Nº <u>5</u>	
Secção: <u>Nave 2 – Linha 1</u>		
<p>Situação Inicial</p>  <p>Excesso de material desnecessário.</p>	<p>Situação Final</p>  <p>Local de trabalho mais organizado.</p>	

Figura 20- Ficha de melhoria n.º5

Na ficha de melhoria n.º5 (Figura 15) constata-se a existência de excesso de material desnecessário, principalmente material com defeito.

Procedeu-se inicialmente à identificação do material necessário e desnecessário (*Seiri*), seguindo-se à arrumação nos locais indicados cada um dos materiais (*Seiton*). O material com defeito foi enviado para o local de armazenamento de material para reciclagem, procedendo-se à normalização dos procedimentos, criando-se um local intermédio para colocar o material com defeito para reciclar (*Seiketsu*). Este procedimento garante a manutenção de ganhos.

	Ficha de Melhoria	Nº <u>6</u>
	Secção: <u>Nave 2 – Linha 1</u>	
Situação Inicial	Situação Final	
		
Excesso de material desnecessário ao operador.	Local de trabalho mais organizado e seguro.	

Figura 21- Ficha de melhoria n.º 6

Na ficha de melhoria n.6 (figura 16) verificaram-se diversas operações a realizar. Inicialmente, como mostra a imagem da esquerda da figura 16, existiam diversos caixotes vazios sem uso e várias caixas de papelão com peças de substituição para os robôs, panos de limpeza e parafusos. Depois de identificado o material necessário e desnecessário (*Seiri*), arrumou-se o local de trabalho, deslocando a bancada para um lugar mais próximo ao robô, para colocar material necessário ao funcionamento deste, nomeadamente giz e escova de aço. Todas as caixas com material de uso comum foram colocados em local definido e de fácil acesso (*Seiton*). A implementação desta ferramenta permitiu uma maior organização do local de trabalho permitindo reduzir perdas e normalizar as operações assegurando a minimização e desperdícios.

A nave 2 é caracterizada pela sua limpeza devido à atividade de soldadura. Esta atividade só tem sucesso se todo o material estiver em ótimas condições de limpeza. Esta foi uma

das razões pela qual na aplicação da ferramenta dos 5”S” não foi referida com a mesma intensidade a limpeza do local de trabalho (*Seiso*). Esta é feita nesta secção diariamente e de forma normalizada, sendo a nave da fábrica com uma normalização dos processos de limpeza com maior sucesso.

Em suma, os resultados obtidos foram muito positivos, designadamente os seguintes:

- Eliminação de tempos improdutivo;
- Simplificação do ambiente de trabalho;
- Melhoria das condições para o operador (higiene e segurança);
- Melhoria do impacto visual;
- Cativação dos outros colaboradores para a utilização da metodologia 5S;
- Redução de desperdícios.

3.3.3- Aplicação do conceito SMED

Foi verificada a importância da implementação desta ferramenta *Lean*, principalmente porque é pretendido minimizar os *stocks*, os desperdícios e as horas despendidas em afinações.

Tendo em consideração uma análise prévia, conclui-se que a estrutura organizacional da empresa limita a possibilidade de possíveis melhorias. Os tempos de espera apresentados são possíveis de ser eliminados se a empresa:

- Selecionar um colaborador pertencente à área de trabalho que seja responsável pela supervisão de *setups*.
- Planear antecipadamente os *setups* de forma a evitar *setups* simultâneos.
- Existir um maior controlo por parte da direção.

Seguidamente serão explicadas as soluções propostas anteriormente.

Responsável de setups

- Pelo que foi observado a falta de comunicação entre os diversos colaboradores intervenientes no processo é o principal motivo dos tempos de espera. Delegar numa pessoa a responsabilidade da programação e controlo dos *setups* é uma solução possível para o problema identificado. Este colaborador poderá acumular esta tarefa com outras que já realize.

Planeamento de setups

- Durante o estágio foi observado a ocorrência de *setups* simultâneos. Estes acontecimentos devem ser evitados visto que, se duas máquinas acabam a produção ao mesmo tempo, uma delas vai ter que esperar parada até que se realize o *setup* numa das máquinas para depois se realizar na outra. Uma das soluções simples que a empresa deve implementar será acabar o lote mais cedo numa das máquinas, visto que muitas vezes um operador produz em duas ou mais máquinas com tempos de ciclo diferentes dando aso a *setups* simultâneos.

Maior atenção por parte da direção

- A direção tem um papel fundamental no que diz respeito ao acompanhamento da produção. Se esta colocar pressão sobre os colaboradores como incentivo à melhoria da produtividade, torna-se possível motivar os mesmos a conseguir baixos tempos de *setup*. É também necessário melhorar a comunicação entre os quadros médios, superiores e os operadores, transmitindo que é igualmente importante produzir e fazer um *setup* rápido.

3.3.3.1 – Implementação do método


Como já foi descrito nos capítulos antecedentes o método SMED baseia-se na aplicação de várias fases.

O primeiro passo para a ação SMED foi a análise dos sete robôs existentes na linha 1 da nave 2, tendo sido escolhido o terceiro robô (Op330) devido a ser aquele que, segundo o engenheiro responsável da secção, é o que tem o tempo de *setup* mais elevado e dá a forma ao “triângulo frontal” do quadro *Gent*.

Escolhido o centro de trabalho, fez-se uma introdução desta ferramenta *Lean* ao operador do centro de trabalho para perceber melhor no que a mesma consiste, os passos que serão efetuados e a mais valia que pode trazer à produtividade do robô.

De acordo com a ferramenta SMED, o passo seguinte foi filmar todas as atividades do *setup* (anexo 1), desde a última peça boa da referência anterior à primeira peça boa da referência seguinte. Após a conclusão da etapa anterior, foi realizada uma reunião com a equipa interveniente no projeto, incluindo o operador, para analisar, simplificar e agilizar todas as atividades detalhadamente, e também para criar um plano de ações (Tabela 4) para a implementação das melhorias propostas.

Tabela 4- OPL SMED

		OPL - SMED					
#	Assunto	Reunião n.º	Pedido	Responsável	Data de início	Data de conclusão	Status
1	Criação de uma checklist	1	José Lopes	José Lopes	20-02-2018	23-02-2018	A
2	SS na bancada de ferramentas	1	José Lopes	José Lopes	20-02-2018	22-02-2018	A
3	Aquisição de um carro de ferramentas	1	José Lopes	Eng. André Martins	20-02-2018	20-04-2018	A
4	Aquisição de uma aparafusadora	1	José Lopes	Eng. André Martins	20-02-2018	20-03-2018	A
5	Mover o gabarit de controlo para junto da mesa de controlo	1	José Lopes	José Lopes	20-02-2018	21-02-2018	A
6	Comprar casquilhos de refrigeração	1	José Lopes	Eng. André Martins	20-02-2018	20-03-2018	A
7	Aquisição de parafusos de aperto rápido	1	José Lopes	Eng. André Martins	20-02-2018	20-03-2018	A
8	Visualização do video e identificação das operações	2	José Lopes	Todos os envolvidos	20-02-2018	09-03-2018	A
9	Conversão das operações internas em externas	2	José Lopes	Todos os envolvidos	20-02-2018	09-03-2018	A

O objetivo da reunião correspondeu à segunda e terceira etapa do SMED, que consiste na identificação das operações internas e externas e, posteriormente, à possível conversão das operações internas em operações externas.

O passo seguinte foi a otimização das atividades internas. De acordo com Simões (2010), temos quatro aspetos importantes:

- Eliminar ajustes
- Executar operações em paralelo
- Utilizar apertos rápidos
- Automatização dos mecanismos

Tendo em conta que a maior parte do tempo despendido no *setup* foi a apertar e a desapertar parafusos foi feita uma requisição de uma aparafusadora, com esta aquisição

ganhou-se bastante tempo. Os ajustes feitos no gabari são essencialmente realizados com *shims* e guias lineares com patins de rolos, tendo sido proposto guardar a configuração das *shims* medindo com um paquímetro e identificando a localização das mesmas. Neste caso concreto não se perdeu muito tempo porque as dimensões dos tubos de uma marca para a outra não diferiam muito, podendo ser feito o ajuste com a configuração do modelo anterior e posteriormente acertar as medidas necessárias, o que pode não acontecer com outros produtos. Para as guias lineares com patins de rolos foi proposto parafusos de aperto rápido, bem como tirar as medidas com o paquímetro. Nos pinos que suportam o HT estão acoplados uns casquilhos pertencentes ao circuito de refrigeração, sendo preciso trocar os casquilhos de um pino de uma marca para o pino da outra marca, para eliminar esta perda de tempo foi proposta a aquisição de um par de casquilhos para cada pino. Esta proposta permitiu que o tempo de desapertar e apertar os casquilhos noutra pino fosse eliminado. Com as otimizações realizadas foi possível reduzir o tempo de *setup* de 71,4 minutos para 43 minutos e o número de atividades internas de 19 para 14.

O último passo correspondeu à simplificação das atividades externas. Para reduzir as operações executadas com o robô em produção, recorreu-se à criação de documentos de apoio, nomeadamente uma *checklist* (anexo 2), que ajudou a reduzir vários desperdícios tais como movimentos desnecessários e o transporte de ferramentas. Cinco atividades externas foram eliminadas nesta fase.

No balanço final conseguiu-se reduzir o tempo de *setup* de 108 minutos para 77 minutos e o número de tarefas de 56 para 48.

A tabela seguinte (Tabela 5), apresenta, resumidamente, os tempos e o número de atividades reduzidos nas várias ações de melhoria realizadas.

Tabela 5- Resumo do tempo da atividade SMED

	<i>Atividades internas</i>		<i>Atividades externas</i>		<i>Com dois operadores</i>	
	Tempo [MIN]	Nº tarefas	Tempo [MIN]	Nº tarefas	Tempo [MIN]	Nº tarefas
<i>1º passo</i>	71,4	37	78,5	19	-	-
<i>2º passo</i>	43,0	34	78,5	19	23,4	20
<i>3º passo</i>	43,0	34	37,9	14	14,8	5

Contribuindo para o sucesso do SMED no robô OP 330, a ação de 5S também foi incluída no plano de ações, que consistiu em aplicar esse conceito na bancada de ferramentas e, posteriormente, adquirir um carro de ferramentas.



Figura 22- Organização da bancada de ferramentas

Na figura 17 exemplifica-se a implementação da ferramenta 5”S” onde, na imagem da situação original, se verifica a desorganização do material sobre a bancada, na qual foi aplicada *Seiton* (arrumação) e *Seiketsu* (Normalização). Na figura da situação final

observa-se que todos os objetos estão devidamente organizados, aumentando a otimização do local de trabalho com a diminuição de desperdícios.



Figura 23- Aquisição de um carro de ferramentas

Esta ferramenta *Lean* que inclui a gestão visual e a normalização foi muito importante para a obtenção destes resultados muito significativos, assim como o envolvimento do operador, desde o início do processo, o que representou uma mais valia na melhoria das ações tomadas.

A equipa ficou muito satisfeita com os resultados obtidos e uma nova ação de SMED já estava a ser planeada num outro centro de trabalho.

O sucesso desta ação SMED fez-se notar em todo o setor e os colaboradores perceberam que é possível ser mais produtivo enquanto melhoram as condições de trabalho.

3.3.4- Aplicação dos conceitos Kanban

Com o intuito de aplicar os conceitos teóricos e melhorar a produção e entrega dos produtos, procedeu-se à análise do centro de trabalho onde poderia ser realizado um teste piloto da ferramenta *Kanban*.

O centro de trabalho escolhido foi o tanque de lavagem (nave 1) / linha 1 de robôs (nave 2).

A etapa seguinte foi reunir com os colaboradores intervenientes no processo e analisar quais são as condições necessárias para se cumprir com o plano de produção diário. As condições são as seguintes:

- O percurso da referência - Os produtos são produzidos na nave 1 (preparação dos tubos) e, de seguida, são enviados para a nave 2 (soldadura), lavados, com a finalidade de serem transformados em quadros de bicicleta;
- Quantidade necessária - O plano diário são 200 unidades. Esta quantidade foi definida tendo em conta o *takt-time*, ritmo da procura do cliente, de modo a tentar sincronizar a produção com a procura.

Tal como anteriormente referido, um dos requisitos para um bom funcionamento da ferramenta *Kanban* é que cada caixa tem de levar sempre a mesma quantidade de peças. Como esta regra ainda não estava estabelecida no centro de trabalho, foi uniformizado e acordado com as pessoas intervenientes no processo que cada caixa iria levar sempre 50 unidades.

Portanto, de acordo com o plano diário de produção, todos os dias teriam de ser enviadas só e apenas quatro caixas.

De seguida, foi criado um cartão *Kanban* (figura 17), que contém os seguintes dados:

- Descrição do produto;
- Fornecedor;
- Cliente;
- Quantidade;
- N° *Kanban*;
- Imagem ilustrativa do produto.


 TRIANGLE'S	1. Descrição	
	HT Orbea 43	
2. Fornecedor		6. Detalhes 
Nave 1		
3. Cliente		
Nave 2		
4. Quantidade	5. Nº Kanban	
50	1 / 4	

Figura 24 - Cartão Kanban (Fonte: própria)

O funcionamento deste sistema consiste no seguinte: sempre que na nave 2 era iniciada a soldadura dos tubos e uma caixa ficava vazia, um cartão *Kanban*, semelhante ao ilustrado na Figura 17, mas com o local de partida na nave 2 e com destino a nave 1, era colocado nessa mesma caixa, sendo que eram dadas indicações para que fosse enviada para a nave 1 e colocada no local específico definido junto do tanque de lavagem, sabendo os operadores da nave 1 que tinham uma ordem para lavar a quantidade que estava no cartão *Kanban*. Quando esta quantidade estivesse pronta a ser enviada de volta à nave 2, era colocada no local de expedição com um cartão *Kanban* igual ao da Figura 20.

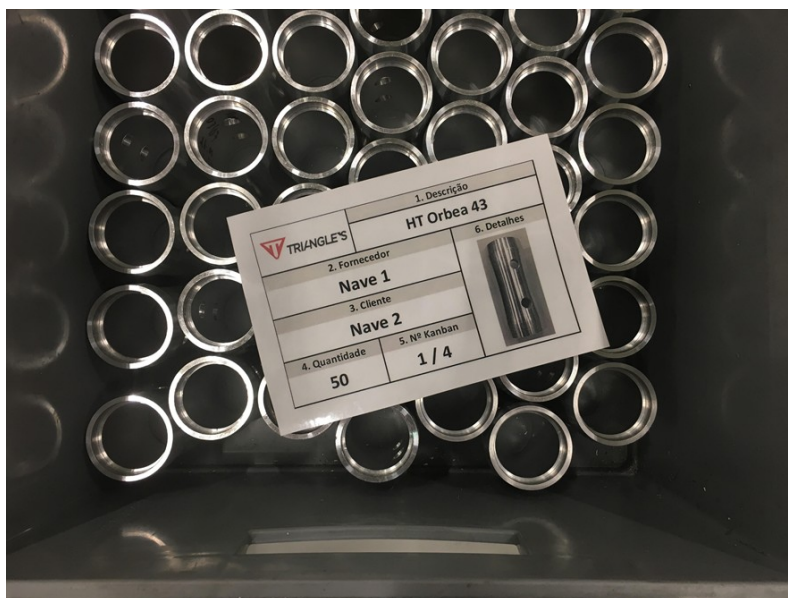


Figura 25 - Caixa de tubos com cartão Kanban

Esta implementação foi muito importante para a diminuição do *Lead Time* porque devido a esta ferramenta foi possível o nivelamento da produção. É de salientar que foi possível criar este sistema com resultados positivos, devido a vários fatores importantes abordados nos conceitos teóricos, tais como, esta produção ter uma estrutura que permite ser de fluxo contínuo, permitindo a entrega constante do número correto de peças.

3.3.5- Redução de desperdícios

Eliminar os 7 desperdícios que podem ocorrer na produção de um produto é o maior foco das organizações que implementam as ferramentas *Lean*.

De acordo com o estado da arte, podem ser seguidos alguns passos para uma definitiva eliminação dos desperdícios:

- Estar consciente do desperdício;
- Assumir a responsabilidade pelo desperdício;
- Mensurar o desperdício;
- Eliminar ou reduzir o desperdício.

Só os desperdícios que se vêem e se reconhecem são possíveis de eliminar. É necessário identificar quem é o responsável por eles, quando alguém se recusa a aceitar a responsabilidade de um desperdício, então essa pessoa não vai trabalhar para o eliminar.

3.2.5.1- Principais motivos de paragens da linha

Na linha 1 de soldadura robotizada da nave 2 foi identificada a paragem da linha de produção inúmeras vezes. Para uma melhor compreensão foi implementado um registo de paragens não programadas (anexo 3).

O processo de melhorias a introduzir deverá estar assente num conceito de melhoria contínua e será necessário recorrer a uma grande diversidade de conceitos.

Vão ser expostos aqui os problemas e dadas algumas soluções para combater a baixa disponibilidade dos equipamentos.

3.3.5.1.1- Falta de material

Foram detetadas variadas paragens da linha de produção por inexistência de um ou vários tubos, havendo pedidos de clientes em incumprimento. As faltas de material não eram só externas à linha como também eram internas como o caso da falta de espigões. Os espigões colocam-se no ST após a soldadura no robô op330 para não haver inconformidade no ST durante a soldadura do robô op340. E devido ao facto de os espigões serem limitados e a linha de soldadura manual não conseguir acompanhar o ritmo de produção de quadros da linha de soldadura robotizada, havia paragens de produção e elevados níveis de *stock* intermédio. Outra das faltas de material internas é a falta de n^os de série nos BB's, que acontecia quando o tempo não era bem gerido ou quando havia falta de pessoal. Para combater estas falhas foi proposto uma otimização na linha soldadura manual e o aproveitamento dos tempos livres de qualquer operador, pertencente à linha ou não. As faltas de material externas à linha foram reduzidas com a implementação do cartão *kanban* que proporcionou o nivelamento da produção contribuindo para o aumento da disponibilidade dos equipamentos.

3.3.5.1.2- Intervenções nos robôs

As intervenções são difíceis de eliminar, mas possíveis de reduzir. Principalmente quando se fala de consumíveis como o fio de soldadura. Para reduzir estas paragens foi proposto um novo local de armazenamento, com o objetivo de reduzir o tempo das movimentações, para guardar bobines de fio e peças de desgaste, bem como a compra de bobines de fio maiores e a sua troca fora do horário de produção.

3.3.5.1.3- Transporte (carga e descarga de material)

Muitas das paragens de produção eram destinadas à ausência do operador do robô para carregar e descarregar o material dos carrinhos. Este problema pode ser eliminado ou reduzido, otimizando a linha de soldadura robotizada e manual, de modo a conseguir eliminar o nível de *stock* intermédio, fazendo com que não seja preciso descarregar e carregar o material.

3.3.5.1.4- Falta de pessoal

A falta de pessoal ocorre mais nos períodos em que o volume de trabalho nos outros setores sobe e os colaboradores são alocados noutras secções. Foi proposto a implementação do *kanban* com o objetivo de nivelar a produção (*Heijunka*).

3.3.5.2- Otimização da linha de soldadura robotizada

Na linha 1 de soldadura robotizada da nave 2 foram identificados vários desperdícios em todos os robôs.

O objetivo desta otimização é igualar o número de quadros produzidos ao *takt-time*, ou seja, ao ritmo da procura do cliente, de modo a tentar sincronizar a produção com a procura. Tendo em consideração que a procura dos quadros era relativamente estável, considerou-se a procura em 1000 unidades semanais, ou seja, 200 unidades por dia.

Através do cálculo em cima efetuado chegou-se à conclusão que a cada 125,6s deveria produzir-se um quadro.

No robô op340, robô com mais desperdícios identificados, foram identificadas várias atividades que não agregavam valor, tais como limpar tubos mal lavados e atividades internas possíveis de converter em externas.

Os desperdícios são apresentados num formato de “antes” (Tabela 6 e Figura 21) e “depois” (Tabela 7 e Figura 22).

As atividades desenvolvidas pelo operador do robô na situação antes da implementação das otimizações são expostas na tabela 6 e o *layout* na figura 21.

Tabela 6 - Atividades OP340 na situação anterior

#	Atividades	Interna	Externa
1	Ir buscar um quadro	x	
2	Por o quadro no robô	x	
3	Ir buscar desengurdorante	x	
4	Limpar	x	
5	Ir buscar top tube	x	
6	Limpar	x	
7	Ajustar	x	
8	Ciclo de Soldadura	x	
9	por o espigão no quadro		x
10	Riscar a cota		x
11	Tirar o quadro do robô	x	
12	Verificar o quadro anterior	x	
13	Pousar o quadro	x	

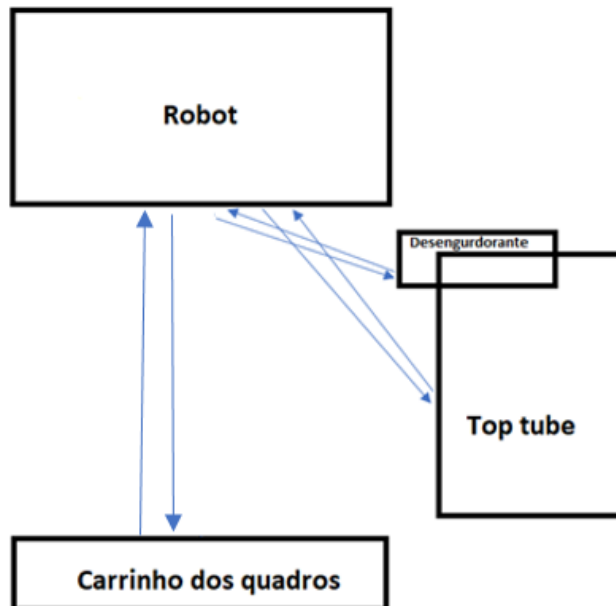


Figura 26- Layout OP340 das atividades na situação anterior

Após a implementação das otimizações constataram-se as seguintes atividades realizadas pelo operador, descritas na tabela 7 e o layout na figura 22.

Tabela 7- Atividades OP340 na situação atual

#	Atividades	Interna	Externa
1	Pegar no quadro e no top tube	x	
2	Por o quadro e o top tube no robô	x	
3	ajustar	x	
4	Ciclo de soldadura		x
5	Verificar o quadro anterior		x
6	pousar o quadro anterior		x
7	Ir buscar um quadro e espigão e colocá-lo junto da mesa auxiliar		x
8	Riscar a cota		x
9	Ir buscar top tube para junto da mesa auxiliar		x
10	Tirar quadro do robô	x	
11	Pousar o quadro ao pé da mesa auxiliar	x	

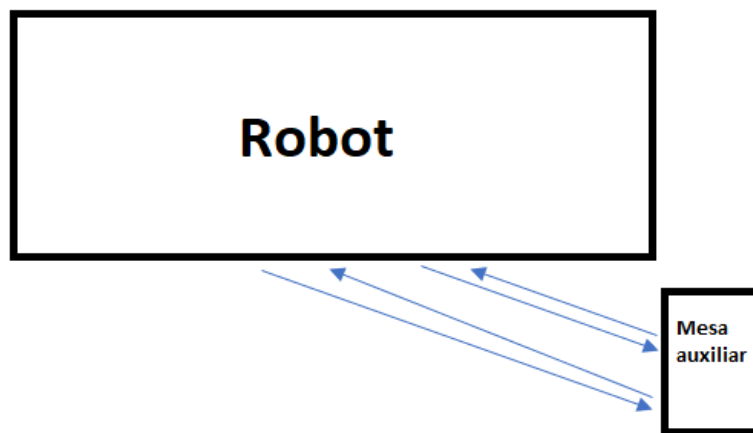


Figura 27- Layout OP340 das atividades na situação atual

Foram eliminadas as operações de limpeza dos tubos nos robôs com recurso ao envio do material para lavar novamente, ficando só com os tubos necessários para a duração do processo de lavagem e proibindo os toques nos quadros sem luvas ou com luvas sujas. Todas as outras atividades que não agregavam valor foram passadas para atividades externas. As otimizações apresentadas resultaram na redução do tempo de ciclo de 146s para 106s, o que traduziu num aumento de 8 quadros por hora.

Esta otimização foi de extrema importância para os ganhos na métrica eficiência do OEE.

3.3.5.3- Otimização da linha de soldadura manual

Todos os quadros depois de saírem da zona de soldadura robotizada passam pela soldadura manual para soldar a *bridge* do CS e realizar algum possível retrabalho. Esta

atividade era demorada e causava um estrangulamento que provocava elevados níveis de *stock* intermédio à entrada da linha de soldadura manual bem como entre o robô op330 e op340, devido à falta de espigões. De modo a combater esta situação e melhorar a produtividade da linha de soldadura manual, onde se produziam 35/40 quadros por dia por soldador, ou seja, uma média de 12min por quadro, foi proposto a otimização desta linha. Pretendeu-se impor o objetivo de produzir 50 quadros por dia por soldador, o que se traduz em 1 quadro a cada 9 min tendo em consideração 7,5h de trabalho, com a finalidade de acompanhar o plano de produção diário estabelecido. Para isso foi necessário uniformizar o trabalho e reduzir atividades, tais como:

- Cortar os cordões de solda que não se encontram conformes;
- Escovar o fumo da soldadura nos quadros;
- Reparar números de série.

Isto porque haviam quadros com um tempo de reparação de 20min. Foi proposto os quadros começaram a ser escolhidos antes de entrarem na linha de soldadura manual, tudo o que pudesse ser feito por um operador, os soldadores manuais não faziam.

Esta otimização veio reduzir um dos problemas mais graves da disponibilidade dos equipamentos, reduzir os níveis de *stock* e diminuir o *Lead Time*.

3.3.6. Overall Equipment Effectiveness

Uma ferramenta que foi implementada na organização, constituindo atualmente um papel importantíssimo no sistema produtivo da mesma, consiste na medição e monitorização da Eficácia Global de Equipamentos (OEE). Esta ferramenta consiste numa recolha de dados quantitativos dos equipamentos, que, conjugados, possibilitam o cálculo do indicador de desempenho relativo à eficácia dos mesmos. O cálculo deste indicador de desempenho consiste na multiplicação de três métricas: Disponibilidade, Eficiência e Qualidade.

Assim, com esta ferramenta é possível discriminar a origem de um eventual valor reduzido associado à eficácia global de um equipamento. Do mesmo modo que é feita esta monitorização, também é feito o controlo dos motivos associados a cada uma das 3 variáveis componentes da OEE. Os dados detalhados responsáveis pelos valores de

disponibilidade, eficiência e qualidade associados ao robô podem ser observados e analisados uma vez que foram recolhidos e tratados para fazer esta análise, exemplo de registo de dados diário em anexo (Anexo 5). Relativamente à métrica disponibilidade, é possível obter a lista de dados relativos às causas de paragem da máquina, no período de tempo desejado, estando o *template* do documento representado em anexo (Anexo 3). O facto de se obter uma discriminação de todos os tipos de desperdícios e defeitos detetados e seus respetivos pesos relativos permite a possibilidade de consultar os dados detalhados associados ao valor de eficácia global de equipamentos, sendo esta uma vantagem muito importante.

A utilização desta ferramenta é crucial para o estabelecimento de objetivos de produção e para uma visão global da disponibilidade do processo, da eficiência do desempenho das máquinas e da taxa de qualidade em que os valores são recolhidos através de registos efetuados pelos operadores em “folha de registo de furos” (Anexo 4).

Como se pode verificar através do exemplo representado nos gráficos 1 e 2, a análise é feita através de um gráfico representativo das três variáveis que compõem o indicador de desempenho OEE. Estes gráficos representam um exemplo do cálculo das métricas no formato antes e depois da aplicação da metodologia *Lean*.

Ao analisar a figura 23 constata-se que era necessário dar prioridade às métricas Disponibilidade e Eficiência uma vez que apresentavam valores baixos. A disponibilidade era influenciada pela falta de espigões, sendo esta a paragem mais frequente. Com o intuito de solucionar este problema recorreu-se à otimização da linha de soldadura manual.

Para se melhorar a eficiência, que era afetada pela baixa produtividade devido às várias atividades identificadas que não agregavam valor e à organização, tendo sido implementada a ferramenta 5S e uma otimização na linha de soldadura robotizada.

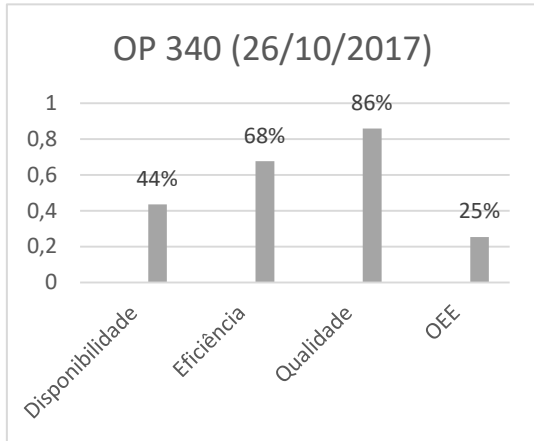


Figura 28 - Métricas OEE inicial

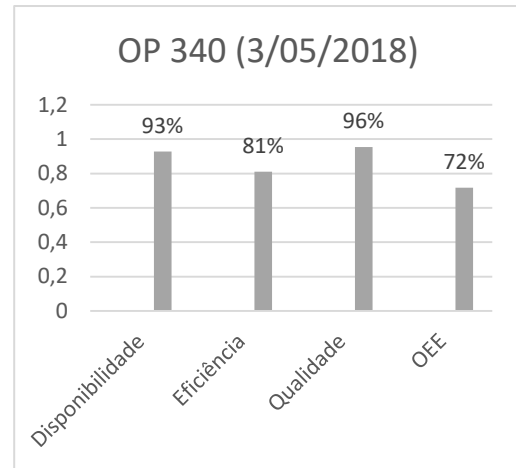


Figura 29 - Métricas OEE final

Após todas as implementações planeadas, constatou-se um aumento da eficiência e da disponibilidade em 13% e 49%, respetivamente, como mostra a figura 24. A alteração do valor destas métricas alterou o valor de OEE de 25% para 72%, registando-se uma considerável melhoria.

Em suma, esta ferramenta *Lean* constitui um indicador de desempenho e um guia fundamental para a determinação de oportunidades de melhoria.

3.3.7- Controlo dimensional

O controlo dimensional é o aspeto mais importante para todo o sistema de qualidade e faz parte da certificação pela norma ISO 9001, que é a norma dos sistemas de gestão de qualidade, certificação esta que a Triangle's possui.

Durante o estágio, um dos objetivos era também o apoio no controlo dimensional e de qualidade do produto. Foram utilizadas variadas ferramentas de medição e de comparação e foram elaborados planos de controlo (anexo 3).

Ferramentas de medição:

Paquímetro

- Instrumento mais utilizado por todos os colaboradores, serve para medir superfícies interiores, exteriores e profundidades com uma precisão de medida até 0.01mm.

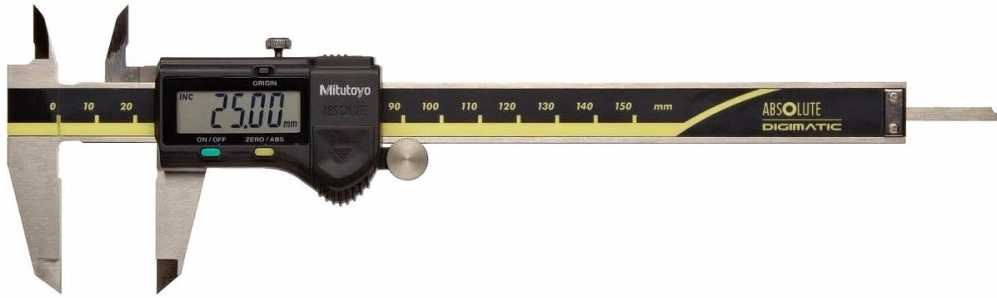


Figura 30- Paquímetro

Medidor de profundidades

- Serve para medir profundidades com precisão de 0,01 mm. Esta ferramenta é usada para medir a centricidade dos tubos soldados.



Figura 31- Medidor de profundidade

Medidor de alturas

Serve para medir alturas com precisão de 0,01 mm. Esta ferramenta é usada para medir as aberturas do triângulo traseiro.



Figura 32- Medidor de alturas

Suta

- Serve para medir ângulos com precisão de $0,1^\circ$, usada na medição do ângulo do triângulo frontal (entre o ST e o DT) e do triângulo traseiro (entre o SS e o CS).

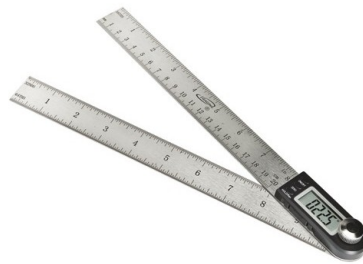


Figura 33- Suta

Inclinómetro

- Serve para medir ângulos com precisão de $0,1^\circ$. Esta ferramenta é usada com a mesma aplicabilidade que a *suta*, mas de um modo mais prático.



Figura 34- Inclinómetro

Apalpa folgas

Este instrumento é constituído por várias laminas de espessuras diferentes e serve para medir as folgas com precisão (0,05-1,00 mm).



Figura 35- Apalpa folgas

Ferramentas de comparação:

Relógio comparador

- É uma ferramenta que tal como o nome indica, serve para comparar com precisão até 0.01mm. É uma ferramenta usada na afinação dos gabaris de soldadura robotizada.



Figura 36- Relógio comparador

Esquadro

- Esta ferramenta serve para conferir ângulos de 90°. É usado para conferir a concentricidade dos *dropouts*, o alinhamento dos SS e CS e a perpendicularidade do BB, trabalhando em conjunto com o apalpa-folgas.



Figura 37- Esquadro

Capítulo 4 – Conclusões e propostas de trabalhos futuros

O desenvolvimento do presente projeto na área da otimização de produção, teve como destaque a filosofia *Lean Manufacturing*, com a aplicação dos seus princípios, assim como das ferramentas inerentes a essa filosofia. Estas foram um auxílio muito importante na identificação e na eliminação dos desperdícios no processo produtivo do setor, gerando uma maior produtividade, melhoria na qualidade dos produtos e, também, no ambiente de trabalho a nível de organização.

O conjunto de metodologias *Lean* implementadas focou-se no objetivo geral de otimizar a produção e melhorar, de forma contínua, o setor de soldadura. Para atingir este objetivo pretendeu-se incrementar os índices de desempenho da produção, melhorar a organização da secção e apoiar a equipa de produção.

Por forma a obter os resultados pretendidos estabeleceram-se seis projetos: Implementar a ferramenta 5 “S” no setor de soldadura, desenvolver a metodologia SMED em conjunto com a ferramenta 5 “S” no setor de soldadura, implementar da ferramenta Kanban, reduzir os desperdícios com otimização do setor, calcular o OEE e apoiar o controlo dimensional.

No primeiro projeto conseguiu-se implementar uma metodologia associada à gestão visual e organizacional, a ferramenta 5S. Foi criado, com o apoio da ferramenta PDCA, um plano de ações, conseguindo-se eliminar os objetos inutilizados, criar um espaço mais seguro e possível de circular. Posto isto, considera-se o objetivo cumprido.

O segundo projeto focou-se na metodologia SMED sendo que, para este objetivo foi necessário associar a ferramenta 5S, assim como, a ferramenta PDCA. Seguidamente, iniciou-se o processo que se desenvolveu em várias fases: escolha do centro de trabalho; filmagem do *setup*; e reunião para analisar e planificar um plano de ação, com a identificação das operações internas e externas, convertendo todas as possíveis operações internas em externas. O objetivo, nesta etapa, foi cumprido, uma vez que se conseguiu reduzir o tempo de *setup* de 108 minutos para 77 minutos. Como proposta de melhoria futura propõe-se a nomeação de um responsável de *setups*; planeamento de *setups*; e maior atenção por parte da direção.

O sistema *Kanban*, utilizado no caso prático, foi claro e de dificuldade baixa de implementação devido às características de produção corresponderem às regras de implementação do sistema *Kanban*. Foi vantajoso criar uma melhor gestão visual e de organização no transporte, o nivelamento da produção e a redução de desperdícios.

Na otimização das linhas de soldadura robotizada e manual foi estudado o processo e foram identificados diferentes aspetos que foram melhorados para eliminar desperdícios. Houve melhorias implementadas, nomeadamente a passagem de atividades internas para externas bem com a eliminação das atividades que não agregavam valor, tendo-se verificado benefícios no desempenho da produção como o alcance do *takt-time*. A implementação destas melhorias permitiu por isso conseguir sincronizar a produção com a procura.

O quinto projeto, determinação do cálculo do OEE, ferramenta *Lean* quantitativa que constitui um indicador de desempenho e um guia fundamental para a determinação de oportunidades de melhoria. Após a conclusão da implementação dos projetos anteriores, efetuou-se o cálculo das métricas do OEE, comparando-se com os cálculos realizados inicialmente. Constatou-se um aumento da eficiência e da disponibilidade em 16% e 49%, respetivamente. A alteração do valor destas métricas alterou o valor de OEE de 31% para 81%, registando-se uma considerável melhoria. Todas as implementações efetuadas obtiveram resultados positivos que se traduziram no aumento significativo no valor do OEE.

O último tópico dos casos práticos, o controlo dimensional, permitiu aprofundar os conhecimentos e melhorar o manuseamento dos vários aparelhos de medição, sendo possível conceder um maior suporte aos colaboradores da linha no que toca ao controlo dimensional.

Em suma, considero que os projetos implementados foram bem-sucedidos devido aos resultados obtidos e também ao *feedback* recebido pelos vários colaboradores e engenheiros. Este estágio revelou-se extremamente enriquecedor, permitindo desenvolver-me a nível pessoal e profissional.

Por fim, seria também interessante, implementar estas ferramentas *Lean* em todos os setores, sendo que está comprovado que iria beneficiar a produção. Contudo, antes de se

iniciar a sua implementação, devia ser dada uma formação em conjunto a todos os colaboradores para sensibilizar, exemplificar e demonstrar os benefícios destas ferramentas.

Referências bibliográficas

Aquino, P., MATTAR, F. (1998). A Produção Enxuta no Brasil. *Revista de Negócios*. Blumenau, FURB, Volume 3, nº 4, 1998, out.

Bezerra (2014) Ciclo de PDCA. Obtido em 28 de outubro de 2018 de <http://www.portal-administracao.com/2014/08/ciclo-pdca-conceito-e-aplicacao.html>

Chiarini, A. (2012). *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*. Springer Verlag.

Cruz, C. V., & Carvalho, Ó. (1998). *Qualidade: uma filosofia de gestão*. Lisboa: Texto Editores.

Duggan, K.J. (2002). *Creating Mixed Model Value Streams: Practical Lean Techniques for Building*. New York: Productivity Press.

Freitas (2012) SMED. Obtido em 5 de setembro de 2018 em <http://engenhariadeproducaoindustrial.blogspot.com/2012/02/smed-single-minute-exchange-of-die.html>

Ghinato, P. (2000). Elementos fundamentais do sistema Toyota de produção. In A. Teixeira de Almeida & F. Menezes (org.), *Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações*. UFPE: Recife.

GHINATO, Paulo. (1996). *Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente just-in-time*. Caxias do sul: EDUSC.

Khaswala, Z. & Irani, S. (2004). *Value network mapping (VNM): Visualization and analysis of multiple flows in value stream maps*. Department of industrial, welding and systems engineering. The Ohio State University. Columbus Ohio.

Liker, J. K. (2005). *O modelo Toyota*. Porto Alegre: Bookman.

Moreira (2010), *Princípios da Filosofia Lean*. Obtido a 10 de novembro de 2018 de <https://www.portal-gestao.com/artigos/6002-os-princ%C3%ADpios-do-lean-thinking.html>

Nabais, A. (2012). *O papel do VSM no desenho de sistemas de produção eficientes*. Dissertação de Mestrado integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, não publicada. Apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Nakajima, S., 1988. *Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)*. 1ª edição. Cambridge. Productivity Press.

Ohno. T. (1997). *O sistema de Produção: além da produção em larga escala – tradução Cristina Schumacher*. Porto Alegre: Artes médicas.

Oliveira, F. E. M. (2010). Considerações sobre o sistema Kanban. *Revista Ciências Administrativas ou Journal of Administrative Sciences*, 13(3).

- Oliveira, C. (2018). *Manual da qualidade, Ambiente e Segurança*. 6ª Edição. Águeda. Editora própria.
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*. Lisboa: Lidel.
- Pojasek, R. (2004) Mapping information flow the production process. *Environmental quality manager* 12 (3), pp. 89.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to create value and eliminate muda*. Massachusetts: Brookline.
- Samuel, H., Dismukes, J., Shi, J., Su, Q., Wang, G., Razzak, M., e Robinson, D.. (2002). Manufacturing system modeling for productivity improvement. *Journal of Manufacturing Systems*, 21 (4) pp. 249-260.
- Samuel, H., Dismukes, J., Shi, J., Su, Q., Wang, G., Razzak, M., e Robinson, D., 2002. Manufacturing system modeling for productivity improvement. *Journal of Manufacturing Systems*, 21 (4) pp. 249-260.
- Shingo, S. (1988). *Non-stock production: the Shingo system for continuous improvement*. Cambridge, MA: Productivity Press
- Shingo, S. (2000). *O Sistema de Troca Rápida de Ferramentas*. Porto Alegre: Bookman Editora.
- Shingo, S. A. (1985). *Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Cambridge, MA: Productivity Press.
- Simões, C. (2010), *Melhoria do Tempo de Troca numa Linha de Prensagem*. (Dissertação de mestrado em Engenharia Industrial) Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Tsarouhas, P. (2012). Evaluation of overall equipment effectiveness in the beverage industry: a case study. *International Journal of Production Research*, 51 (2) pp. 515-523.

Anexos

Anexo 1

#	Atividade	Tempo (s)	Atividade Interna	Atividade Externa
1	Fim da produção Gazelle/tempo de espera	2176		x
2	Ir ao armazém buscar as peças da Orbea	364		x
3	Ir buscar a bancada de ferramentas	192		x
4	Desapertar parafusos do pino da parte de cima do HT	162	x	
5	Desapertar parafusos do pino da parte de baixo do HT	156	x	
6	Tirar o pino de cima do HT	33	x	
7	Tirar o pino de baixo do HT	27	x	
8	Desapertar os casquilhos de refrigeração do pino de cima do HT	109	x	
9	Desapertar os casquilhos de refrigeração do pino de baixo do HT	121	x	
10	Apertar os casquilhos de refrigeração no pino de cima do HT da Orbea	131	x	
11	Apertar os casquilhos de refrigeração no pino de baixo do HT da Orbea	138	x	
12	Apertar o pino de cima do HT	178	x	
13	Desapertar o pino de cima do HT	156	x	
14	Colocar bem os casquilhos (mal postos)	69	x	
15	Apertar o pino de cima do HT	175	x	
16	Apertar o pino de baixo do HT	152	x	
17	virar o gabari	63	x	
18	Desapertar parafusos da matriz do DT	107	x	
19	procurar masso de borracha	64		x
20	Retirar o calço da matriz do DT	44	x	
21	Apertar os parafusos da matriz do DT	88	x	
22	Desapertar parafusos do posicionador do ST da Gazelle	93	x	
23	Retirar o posicionador do ST da Gazelle	34	x	
24	Colocar o posicionador do ST da Orbea	46	x	
25	Procurar chave allen tamanho 6	79		x
26	Apertar parafusos do posicionador do ST da Orbea	85	x	
27	Desapertar parafusos do posicionador do BB	144	x	
28	Alterar o calço do posicionador do BB	62	x	
29	Apertar parafusos do posicionador do BB	157	x	

30	Libertar o material do modelo anterior (Gazelle)	498		x
31	Colocar o material do novo modelo (Orbea) nos carrinhos/prateleiras	403		x
32	Ir ao armazém levar as peças da Gazelle	317		x
33	colocar os tubos da Orbea no gabari do robô	53	x	
34	verificação da programação	418	x	
35	soldar tubos	91	x	
36	retirar quadro do robô	34	x	
37	ir até à mesa de controlo	45	x	
38	medir quadro	128	x	
39	Ir até ao gabari de controlo	37	x	
40	Medir o quadro no gabari	66	x	
41	ir para o robô	42	x	
42	desapertar parafusos do pino da parte de cima do HT	147	x	
43	medir shims	21	x	
44	colocar as shims na parte de cima do HT	19	x	
45	apertar parafusos da parte de cima do HT	151	x	
46	Desapertar parafusos do posicionador do ST	143	x	
47	medir shims	36	x	
48	colocar shims no posicionador do ST	16	x	
49	Apertar parafusos do posicionador do ST	159	x	
50	colocar novos tubos no robô	48	x	
51	verificar novamente a programação	386	x	
52	soldar tubos	91	x	
53	ir até à mesa de controlo	41	x	
54	medir quadro	108	x	
55	Ir até ao gabari	41	x	
56	Medir o quadro no gabari	54	x	
	Iniciar produção			

Anexo 2

	Checklist - Setup Robôs
---	-------------------------

Checklist

Industrialização

Op: _____ Data: ___/___/___
Hora de início: ___:___ Hora de término: ___:___

Ferramentas e material necessário:

- Bancada/carrinho de ferramentas
- Aparafusadora
- Shims
- Folha de caracterização
- Projeto
- Paquímetro
- Relógio comparador
- Peças de setup

A verificar:

- Os programas estão no robot? Kuka Fronius
 Há material para o novo modelo? Observações: _____

Atividades externas:

- Retirar e devolver as peças do modelo anterior
- Retirar materiais desnecessários

Observações

Assinatura


Anexo 4



	Registo de Furos		
	Secção: _____	Equipamento: _____	Modelo: _____
Data	Furos		Assinatura



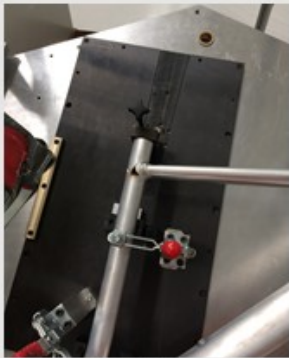
Registrar de acordo com:

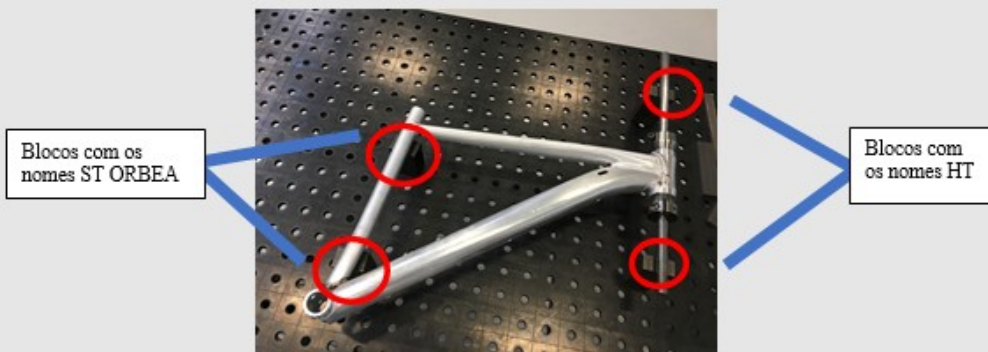


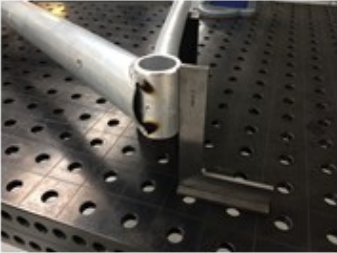



Anexo 6



	Plano de Controlo	
Secção: Nave 2	Equipamento: Linha robotizada (mountain bike) ORBEA	Posto N.º OP330/340
Elaborado: José Lopes	Aprovado: André Martins	Data: Abril/2018
		Edição n.º 02

O PLANO DE CONTROLO É EXECUTADO NO INÍCIO DE CADA TURNO E POSTERIORMENTE DE ACORDO COM A FREQUÊNCIA DEFINIDA AS PEÇAS CONTROLADAS SÃO GUARDADAS JUNTO À CELULA CORRESPONDENTE						
N.º	A CONTROLAR	MEIO DE CONTROLO	TAMANHO DA AMOSTRA	FREQUÊNCIA	LOCAL (onde)	OBSERVAÇÕES
Designação: Triângulo frontal						
1	Imperfeições nas soldas e tubos	Visual	1	Todos os triângulos	Célula robotizada	Em caso de PNC registrar no impresso "Registo de PNC".
2	Posição do Head Tube (tolerância $\pm 2\text{mm}$)	Paquímetro	1	50 em 50 triângulos	Gabari controlo	
	 <p>Figura 1: Cota na parte inferior do head tube no gabari de controlo.</p>		 <p>Figura 2: Cota na parte superior do head tube no gabari de controlo.</p>			

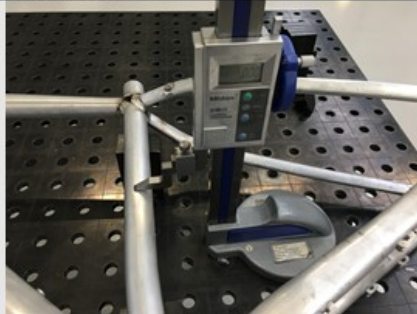
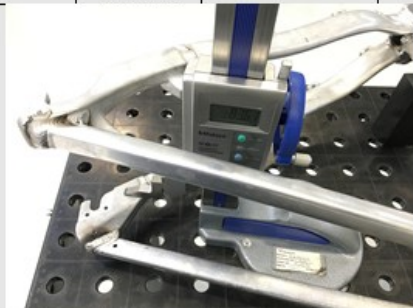
3	Rotação do Head Tube (tolerância $\pm 1\text{mm}$)	Paquímetro	1	50 em 50 triângulos	Gabari controle	
						
4	Comprimento do Seat Tube	Visual	1	50 em 50 triângulos	Gabari de controle	
						

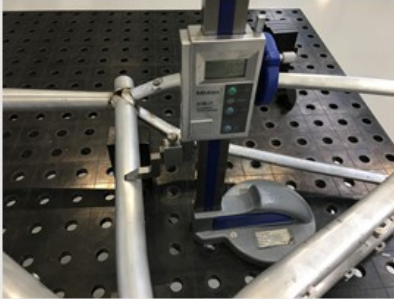
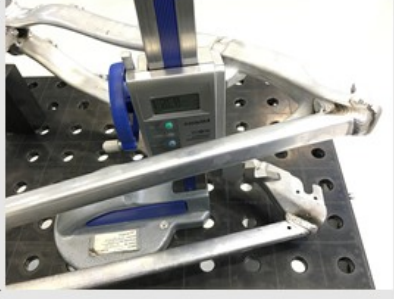
5	Numeração série visível	Visual	1	Todos os triângulos	Mesa soldadura	
	Planeza do triângulo	Apalpa folgas	1	50 em 50 triângulos	Mesa de soldadura	
6	 <p>Figure 6: Triângulo apoiado nos blocos</p>					


7	Perpendicularidade do BB (tolerância $\pm 0,5\text{mm}$)	Apalpa folgas/ Esquadro	1	50 em 50 triângulos	Mesa de soldadura
					
	Figura 7: Encostar esquadro ao BB			Figura 8: Medir rotação com apalpa folgas	
8	Seat tube relativo ao BB (tolerância $\pm 0,5\text{mm}$)	Medidor de profundidades	1	50 em 50 triângulos	Mesa soldadura
					
	Figura 9: Zero na posição do seat tube.			Figura 10: Verificar a diferença	

	Down tube relativo ao BB (tolerância $\pm 0,5\text{mm}$)	Medidor de profundidades	1	50 em 50 triângulos	Mesa de soldadura	
9	 <p data-bbox="607 651 900 676">Figura 11: Encostar esquadro ao BB</p>		 <p data-bbox="1346 651 1704 676">Figura 12: Medir rotação com apalpa folgas</p>			

	Plano de Controlo		
Secção: Nave 2	Equipamento: Linha robotizada (mountain bike) ORBEA	Posto N.º OP630	
Elaborado: José Lopes	Aprovado: André Martins	Data: Abril/2018	Edição n.º 03

O PLANO DE CONTROLO É EXECUTADO NO INÍCIO DE CADA TURNO E POSTERIORMENTE DE ACORDO COM A FREQUÊNCIA DEFINIDA AS PEÇAS CONTROLADAS SÃO GUARDADAS JUNTO À CELULA CORRESPONDENTE						
N.º	A CONTROLAR	MEIO DE CONTROLO	TAMANHO DA AMOSTRA	FREQUÊNCIA	LOCAL (onde)	OBSERVAÇÕES
Designação: Quadro robotizado						
1	Imperfeições nas soldas e tubos	Visual	1	Todos os quadros	Célula robotizada	Em caso de PNC registar no impresso "Registo de PNC".
2	Simetria (Nominal 83,4 mm) (Tolerância ± 2 mm)	Traçador de alturas	1	50 em 50 Quadros	Mesa soldadura	
						

						
	Figura 3: Zero no seat tube (após virar quadro ao contrário)				Figura 4: Verificar o valor no dropout direito.	
3	Planeza do quadro bruto (tolerância $\pm 0,95\text{mm}$)	Apalpa folgas	1	50 em 50 Quadros	Mesa de Soldadura	

						
	Figura 3-Verificar a planeza com o quadro apoiado em 4 pontos					
4	Concetricidade lateral/interior dropouts (tolerância $\pm 0,5\text{mm}$)	Visual/Esquadro	1	50 em 50 Quadros	Mesa soldadura / Gabari controlo	

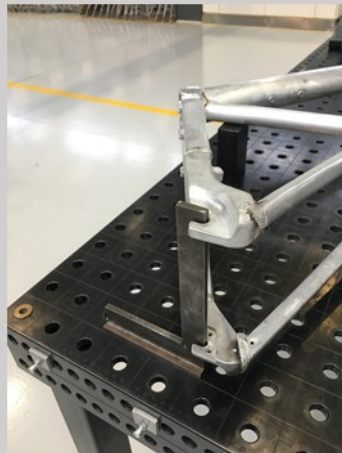


Figura 4: Verificar a concentricidade interior.

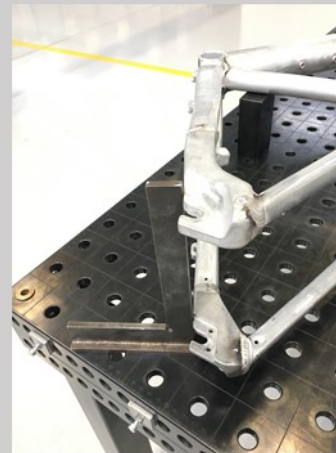


Figura 5: Verificar a concentricidade na lateral.

5	Planeza dos dropouts (Tolerância $\pm 0,5$ mm)	Traçador de alturas	1	50 em 50 Quadros	Mesa soldadura
---	---	---------------------	---	------------------	----------------











Figura 14: Zero no dropout



Figura 15: Medir variação

6	Distância Dropout-DiscMount (Nominal 12,2 mm) (Tolerância $\pm 0,4$ mm)	Traçador de alturas	1	50 em 50 Quadros	Mesa soldadura
---	--	---------------------	---	------------------	----------------

						
						
7	Numeração série visível	Visual	1	Todos os quadros	Mesa soldadura	
8	Posição dos chain stays	Visual/ Peça controle	1	50 em 50 quadros	Mesa soldadura	
						
9	Posição do head tube (tolerância $\pm 2\text{mm}$)	Paquímetro	1	50 em 50 Quadros	Gabari controle	

						
	Figura 12: Analisar a cota na parte inferior do head tube.					Figura 13: Analisar a diferença de cotas no head tube.
	Rotação do head tube (tolerância $\pm 1\text{mm}$)	Paquímetro	1	50 em 50 Quadros	Gabari controlo	
10						Figura 15: Verificar a diferença de cota no head tube.
	Figura 14: Cota na parte inferior do head tube.					