



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA

Inês Sofia Martins Lopes

**DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DO SISTEMA  
*KANBAN*: UM CASO DE ESTUDO NUMA EMPRESA  
METALOMECÂNICA**

Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, orientada pelo Professor Doutor Luís Miguel D. F. Ferreira e apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Julho de 2021



1 2



9 0

FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA

# **Dimensionamento e análise do sistema Kanban: Um caso de estudo numa empresa metalomecânica**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

## **Dimensioning and analysis of the Kanban system: a case study in a metal-mechanical company**

Autor

**Inês Sofia Martins Lopes**

Orientador

**Professor Doutor Luís Miguel D. F. Ferreira**

Júri

Presidente	Professor Doutor Samuel de Oliveira Moniz Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
Orientador	Professor Doutor Luís Miguel D. F. Ferreira Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
Vogais	Professor Doutor Cristóvão Silva Professor Associado da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional

---

**SRAM**<sup>®</sup>

SRAMPORT, Transmissões Mecânicas, Lda

Coimbra, julho, 2021



“Só se nos detivermos a pensar nas pequenas coisas chegaremos a  
compreender as grandes.”

José Saramago

À minha mãe e irmão



## Agradecimentos

O trabalho apresentado representa o final de uma etapa que durou 5 anos e, como tal, não posso deixar de agradecer a todas as pessoas e entidades que com o seu apoio contribuíram para a concretização deste sonho.

O maior dos agradecimentos não poderia deixar de ser para a minha mãe e para o meu irmão, pois sem o seu esforço, paciência e orgulho incondicional nada disto seria possível. Estarei sempre grata por me apoiarem e serem os meus pilares de todas as minhas conquistas. À minha família, madrinha, padrinho, tios e primos, que sempre me incentivaram a não desistir dos meus objetivos e me deram força para ultrapassar cada batalha. De um modo especial, à minha prima Maria João que me recebeu tão bem em Coimbra e que esteve presente em todos os momentos importantes da minha vida. Às minhas três estrelinhas, pai e avós, que estejam onde estiverem, estarão orgulhosos de mim. Ao meu tio Frank, que infelizmente também já faleceu, mas que queria e fez com que este meu sonho fosse possível. A vocês todos, o meu maior obrigado!

Ao meu namorado, Carlos, que sem dúvida foi imprescindível nesta jornada, que me apoiou, aconselhou e que esteve sempre presente em todas as ocasiões. Um agradecimento também à sua família, que me integrou tão bem e me ajudou a não ter tantas saudades de casa.

Não poderia deixar de fazer também um agradecimento especial ao meu orientador, Prof. Dr. Luís Ferreira, pela cooperação e dedicação demonstrada ao longo destes últimos meses. Obrigada por todos os conselhos e conhecimentos transmitidos. Ao Prof. Dr. Cristóvão Silva que também disponibilizou o seu tempo e se mostrou sempre disponível.

À SRAMPOR pela oportunidade de estágio e a todos os colaboradores e operadores pela forma como me incorporaram na equipa e por tudo que me ensinaram. Em especial, quero agradecer aos meus orientadores, Eng. Ana Silva e Eng. Hélio Palrilha por toda a disponibilidade e cooperação que permitiu o desenvolvimento deste trabalho. À Eng. Mafalda Martins, Eng. Cláudio Silva, Eng. Eugénia Martins, Eng. José Rosmaninho, Dr.<sup>a</sup> Sara Ramos e Ana Jesus que me acolheram tão bem e se mostraram sempre disponíveis para

me ajudar em tudo o que precisasse. Agradeço também à estagiária Mariana Lopes pela presença e ajuda ao longo destes meses.

Às grandes amigas que Coimbra me deu, Adriana Sousa, Ana Seabra, Filipa Varandas, Inês Cardoso, Rita Gonçalves, Rita Martins e Sara Santos. Em especial à minha madrinha de curso, Filipa Cerqueira e à minha afilhada, Inês Fernandes. Sem vocês, Coimbra não tinha tido o seu encanto.

Por fim, mas não menos importante, a Coimbra, que me proporcionou momentos e recordações inesquecíveis.

A todos um sincero obrigada! Sem vocês nada disto seria possível.

## Resumo

Devido à pressão a que todas as empresas estão sujeitas, estas precisam de garantir a sua sobrevivência, procurando identificar os desperdícios nos seus processos e eliminá-los ou reduzi-los. Uma das ferramentas que se tem destacado pela sua eficácia é o *Value Stream Mapping* (VSM), que integra o leque de ferramentas disponíveis na filosofia *Lean Manufacturing* (LM), e cuja aplicação tem vindo a observar-se em muitos setores da indústria.

Esta dissertação realizada nas instalações da SRAMPORT – Transmissões Mecânicas, Lda., tem como principal objetivo identificar e propor oportunidades de melhoria no fluxo de produção, no sentido de reduzir o *Work – in – process* (WIP) e eliminar faltas de material no cliente.

Posto isto, inicialmente foi desenhado o mapa do fluxo de valor do estado atual, de modo a conhecer-se com maior detalhe o fluxo produtivo e, conseqüentemente identificar-se as principais causas de desperdício. Para tal, foi necessário escolher-se uma família de produtos, no qual se considerou a prensa com menor *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Após a elaboração do mapa do fluxo de valor, conseguiu-se identificar os principais desperdícios, surgindo a necessidade de se realizar uma análise ao dimensionamento do sistema *Kanban* utilizado na fábrica. Como foram identificadas inconformidades neste sistema, prosseguiu-se para a análise dos *stocks* de segurança, para compreender melhor o seu cálculo. Por fim, foi sugerido a escolha de um novo sistema de controlo e, conseqüentemente, a possível implementação. No entanto, isto carece de um estudo mais aprofundado e por isso não foi exequível no período temporal deste estágio curricular. Assim sendo, foi sugerido a inclusão nos postos de trabalho de informação sobre a quantidade de lotes a serem produzidos semanalmente, para que os operadores tenham uma maior visibilidade e tomarem a decisão de quais lotes produzir. Com a eventual alteração é expectável um incremento do desempenho do sistema produtivo e, portanto, uma redução de *stock* intermédio, diminuição do *lead time* e eliminação de possíveis faltas de material no cliente.

**Palavras-chave:** LM, VSM, desperdício, *Kanban*



## Abstract

Due to the pressure that all companies are subject to, they need to ensure their survival, seeking to identify waste in their processes and eliminate or reduce it. One of the tools that has stood out for its effectiveness is the Value Stream Mapping (VSM), which integrates the range of tools available in the Lean Manufacturing (LM) philosophy and whose application has been observed in many sectors of the industry.

This dissertation, carried out at SRAMPORT – Transmissão Mecânicas, Lda., has as its main goal to identify and propose opportunities for improvement in the production flow, in the sense of reduce the *Work – in – process* (WIP) and eliminate lack of material in the customer.

That said, the map of the current state's value stream was initially drawn, to know in greater detail, the existing production flow and, consequently, to identify the main sources of waste. For this it was necessary to choose a product family, in which the press with the lowest OEE was considered. After drawing up the value stream map, it was possible to identify the main waste, arising the need to carry out an analysis of the dimensioning of the Kanban system used in the factory. As some nonconformities were found in this system, the analysis of the safety stock was continued, to better understand their calculation. Finally, it was suggested the choice of a new control system and, consequently, the possible implementation. However, this needs further study and therefore it was not feasible in the time period of this curricular internship. For that reason, it was suggested to include information on the number of batches to be produced weekly in the workstations, so that operators have greater visibility and make the decision on which batches to produce. With this possible change, an increase in the performance of the production system is expected and, therefore, a reduction in intermediate stock, reduction in lead time and elimination of possible shortages of material at the client.

**Keywords** LM, VSM, waste, Kanban



## Índice

Índice de Figuras .....	ix
Simbologia e Siglas .....	xiii
Simbologia.....	xiii
Siglas .....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contextualização.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Estrutura.....	2
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO .....	5
2.1 <i>Toyota Production System</i> (TPS).....	5
2.2 <i>Lean Manufacturing</i> (LM).....	6
2.3 Estrutura <i>Lean Manufacturing</i> .....	8
2.4 Os 7 tipos de desperdício .....	9
2.4.1 Defeitos.....	10
2.4.2 Espera .....	11
2.4.3 Excesso de processamento.....	11
2.4.4 Inventário.....	12
2.4.5 Sobreprodução .....	12
2.4.6 Movimentação .....	13
2.4.7 Transporte.....	14
2.5 Ferramentas <i>Lean Manufacturing</i> .....	15
2.5.1 OEE .....	15
2.5.2 VSM.....	17
2.5.3 <i>Kanban</i> .....	19
2.5.4 SMED .....	20
2.5.5 A metodologia 5S .....	22
2.6 Sistemas de controlo e planeamento da produção .....	24
2.6.1 CONWIP .....	25
2.6.2 POLCA.....	26
2.6.3 COBACABANA .....	27
2.6.4 Comparação entre os sistemas referidos.....	29
3. CASO DE ESTUDO .....	31
3.1 Apresentação da empresa.....	31
3.1.1 SRAM.....	31
3.1.2 SRAMPORT.....	32
3.2 Fluxo de produção.....	34
3.3 Elaboração do VSM do estado atual.....	40
3.3.1 Seleção da família de produtos.....	40
3.3.2 Desenho do mapa do estado atual.....	42
4. ANÁLISE DE RESULTADOS.....	49

4.1. Dimensionamento do sistema <i>Kanban</i> .....	49
4.2. Cálculo dos <i>stocks</i> de segurança.....	52
4.3. Reorganização do quadro <i>Kanban</i> .....	55
4.4. Discussão de resultados .....	56
5. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61
ANEXO A.....	66
ANEXO B .....	67
ANEXO C .....	69
APÊNDICE I.....	71
APÊNDICE II .....	73
APÊNDICE III .....	75
APÊNDICE IV .....	77
APÊNDICE V .....	79
APÊNDICE VI.....	81
APÊNDICE VII.....	83
APÊNDICE VIII .....	85

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Os Princípios <i>Lean</i> . .....	7
Figura 2.2. Casa do TPS (Adaptado de Liker et al., 2006). .....	9
Figura 2.3. Os 7 desperdícios <i>Lean</i> . .....	10
Figura 2.4. Defeitos (Adaptado de Folinas et al., 2014). .....	10
Figura 2.5. Espera (Adaptado de Folinas et al., 2014). .....	11
Figura 2.6. Excesso de processamento (Adaptado de Folinas et al., 2014). .....	12
Figura 2.7. Inventário (Adaptado de Folinas et al., 2014). .....	12
Figura 2.8. Sobreprodução (Adaptado de Folinas et al., 2014). .....	13
Figura 2.9. Movimentação (Adaptado de Folinas et al., 2014). .....	13
Figura 2.10. Transporte (Adaptado de Folinas et al., 2014). .....	14
Figura 2.11. As seis grandes perdas (Jonsson & Lesshammar, 1999). .....	16
Figura 2.12. Cálculo OEE (Adaptado de Ahuja et al., 2008). .....	16
Figura 2.13. Fases de implementação do VSM (Womack et al., 2003). .....	18
Figura 2.14. Sistema <i>Kanban</i> tradicional (Adaptado de Thurer et al., 2016). .....	20
Figura 2.15. Fases de implementação SMED (Almomani et al., 2013). .....	21
Figura 2.16. Metodologia 5S. .....	23
Figura 2.17. Sistema CONWIP utilizando cartões anónimos (Adaptado de Thurer et al., 2016). .....	26
Figura 2.18. Características do sistema POLCA (Adaptado de Chinet & Filho, 2014). .....	27
Figura 2.19. COBACABANA (Adaptado de Thurer et al., 2015). .....	29
Figura 2.20. Comparação entre os sistemas (Adaptado de Stevenson et al., 2005). .....	30
Figura 3.1. Localização das fábricas e escritórios da SRAM (SRAM, 2020). .....	31
Figura 3.2. Marcas e Projetos SRAM (SRAM, 2020). .....	32
Figura 3.3. Exemplo de: (a) Placas exteriores; (b) Correntes <i>Eagle</i> . .....	33
Figura 3.4. Vista explodida da corrente SRAMPORT (Fonte: Documentação interna da SRAM). .....	34
Figura 3.5. <i>Stock</i> de aço laminado. .....	34
Figura 3.6. DPE: (a) Peças produzidas (b) Prensa PM2. .....	35
Figura 3.7. (a) EBS/EBS FINAL (b) Peças “bariadas”. .....	36
Figura 3.8. Fornos CTC. .....	36

Figura 3.9. (a) Secção da Niquelagem (b) Peças no tratamento de superfície. ....	37
Figura 3.10. Armazém 2 e 21. ....	38
Figura 3.11. Cartão <i>Kanban</i> da SRAMPORT: (a) Parte frontal; (b) Parte traseira. ....	39
Figura 3.12. Quadro <i>Kanban</i> da SRAMPORT. ....	39
Figura 3.13. OEE de cada prensa para o mês de março (Fonte: Plataforma interna SRAMPORT). ....	41
Figura 3.14. OEE de todas as prensas durante alguns meses. ....	41
Figura 3.15. Exemplo da folha de registo de uma peça. ....	43
Figura 3.16. Tempo de operação e de espera da peça 400 47. ....	43
Figura 3.17. Média dos tempos de operação e de espera do grupo 1. ....	44
Figura 3.18. Primeira etapa do mapa do estado atual mostrando o cliente. ....	44
Figura 3.19. Processos básicos de produção. ....	45
Figura 3.20. Tempos de espera no armazém 2. ....	46
Figura 3.21. Transporte de: (a) MP; (b) Produtos acabados. ....	47
Figura 3.22. Mapa do estado atual com o fluxo de informações e de material. ....	48
Figura 3.23. Linha de tempo. ....	48
Figura 4.1. Consumos médios por referência. ....	50
Figura 4.2. <i>Lead time</i> de todas as peças da PM2. ....	50
Figura 4.3. Número de cartões <i>Kanban</i> . ....	51
Figura 4.4. <i>Stock</i> de segurança: (a) em 2018; (b) em 2019. ....	52
Figura 4.5. <i>Stock</i> de segurança com o número de cartões a circular no momento. ....	53
Figura 4.6. Variação da procura para as peças com maior <i>stock</i> de segurança. ....	54
Figura 4.7. Comparação entre peças com diferentes procuras na PM2. ....	54
Figura 4.8. Protótipo do quadro <i>Kanban</i> com respetiva identificação de cada família. ....	56
Figura A.1. Símbolos e ícones para a elaboração do VSM. ....	66
Figura B.1. Consumos em quilos da semana 9 até à semana 50. ....	67
Figura C.1. Parte da sequência executada na PM2 durante um determinado período de tempo. ....	69
Figura I.1. Folha de registo colocada na primeira operação (DPE) ....	71
Figura II.1. Tempos de <i>setup</i> na DPE. ....	73
Figura II.2. Tempos de <i>setup</i> na CTC. ....	74
Figura III.1 Cálculo da percentagem de retrabalho. ....	75
Figura III.2 Cálculo de refugo na DPE. ....	76
Figura IV.1. Cálculo do tempo de espera no armazém 2. ....	77

Figura V.1. Tempo de espera dos cartões no quadro <i>Kanban</i> .....	79
Figura VI.1. VSM do estado atual do grupo 1.....	81
Figura VI.2. VSM do estado atual do grupo 2.....	82
Figura VII.1. Cálculo do número de cartões <i>Kanban</i> com a fórmula de 2018.....	83
Figura VII.2. Cálculo do número de cartões <i>Kanban</i> com a fórmula de 2019.....	84
Figura VIII.1. Guia para reorganização do quadro <i>Kanban</i> para a PM2.....	85



## SIMBOLOGIA E SIGLAS

### Simbologia

*A* – Availability

*C* – Capacidade de um contentor

*C/T* – Tempo de ciclo

*C/O* – Tempo de *setup*

*D* – Disponibilidade

*DD* – Consumo médio do cliente por unidade de tempo

*K* – Número de cartões *Kanban*

*K*<sub>1</sub> – Número total de cartões *Kanban* com a fórmula de 2018

*K*<sub>2</sub> – Número total de cartões *Kanban* com a fórmula de 2019

*L* – Lead time

*m* - Contagem de cartões

*n* – Quantidade máxima de trabalho

*P* – Performance efficiency

*Q*<sub>1</sub> – Qualidade

*Q* – Rate of quality products

*qp* – Quota de produção

*r* – Gatilho de falta de capacidade

*V* – Velocidade

*α* – Stock de segurança

### Siglas

BAR – Bariagem Tambores

CIS – Cisalhagem (Corte de Eixos)

COBACABANA – *Control of Balance by Cardbased Navigation*  
CONWIP – *Constant Work In Process*  
CTC – *Cementação e Têmpera Contínua*  
DBR – *Drum-Buffer-Rope*  
DPE – *Corte e Furação de Placas*  
EBS – *Bariagem por Centrifugação*  
FIFO – *First In First Out*  
FSFS - *First-In-System-First-Served*  
HL/MRP – *High Level Material Requirement Planning*  
JIT – *Just In Time*  
LM – *Lean Manufacturing*  
MMSUR – *Multi Machine Setup Reduction*  
MP – *Matéria-Prima*  
MRP – *Material Requirement Planning*  
MTO – *Make-To-Order*  
MTS – *Make-To-Stock*  
NIQ – *Niquelagem*  
OEE – *Overall Equipment Effectiveness*  
OEEML – *Overall Equipment Effectiveness of a Manufacturing Line*  
OFE – *Overall Factory Effectiveness*  
OLE – *Overall Line Effectiveness*  
OPE – *Overall Plant Effectiveness*  
OTE – *Overall Throughput Effectiveness*  
PBC – *Periodic Batch Control*  
POLCA – *Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization*  
PPC – *Production Planning and Control*  
SAP– *Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung* (sistema integrado de gestão empresarial)  
SMED – *Single Minute Exchange of Die*  
TEEP – *Total Effective Equipment Productivity*  
TOC – *Theory of Constraint*  
TPM – *Total Productive Maintenance*

*TPS – Toyota Production System*

*VSM – Value Stream Mapping*

*WIP – Work – in – process*

*WLC – Workload Control*



## 1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação tem como objetivo apresentar o trabalho desenvolvido no âmbito do estágio curricular do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Este foi realizado nas instalações da SRAMPOR – Transmissões Mecânicas, Lda., situada na Pedrulha em Coimbra.

Este capítulo é composto pela contextualização, os objetivos e a estrutura deste documento, expondo de forma sucinta cada tópico.

### 1.1 Contextualização

No contexto atual, melhorar o desempenho operacional é um pré-requisito fundamental para sustentar e conduzir o crescimento de qualquer organização (Coetzee, Merwe & Dyk, 2016). Além disso, cada vez mais existem empresas que optam por produzir por encomenda (MTO – *Make-To-Order*), visto que o mercado é caracterizado por uma crescente procura de produtos personalizados. Os sistemas de planeamento e controlo de produção (PPC – *Production Planning and Control*) são concebidos para atender às condições do mercado e às condições impostas pela estratégia da empresa, de modo a corresponder com os requisitos dos clientes (Torkabadi & Mayorga, 2018). No capítulo seguinte serão apresentados alguns sistemas PPC e detalhados os que são baseados em cartões. Sendo assim, a competitividade e a globalização são dois desafios que têm motivado as empresas a planear novas estratégias de gestão de manufatura, para conseguirem aumentar a sua produtividade e melhorar a sua capacidade de resposta (Garza-Reyes, Kumar, Chaikittisilp & Tan, 2018).

Para Bortolotti, Boscarri e Danese (2015), Coetzee et al. (2016) e Garza-Reyes et al. (2018), o *Lean Manufacturing* (LM) tem-se mostrado uma alternativa resiliente que, quando utilizado adequadamente proporciona resultados satisfatórios em termos de lucros, eficiência, capacidade de resposta, qualidade e satisfação do cliente, de modo a atingir a excelência operacional. De acordo com Abdulmalek e Rajgopal (2007) e Thüerer, Tomašević e Stevenson (2016), o foco do LM é a redução de custos, eliminando atividades sem valor agregado (desperdícios). Estes desperdícios foram inicialmente apresentados por Ohno

(1988) e Shingo (1989), que os dividiram em sete categorias: sobreprodução, espera, transporte, excesso de processamento, inventário, movimentação e defeitos (Thurer et al., 2017).

Deste modo, um crescente número de empresas tem adotado práticas LM, incentivadas pelo sucesso alcançado na *Toyota* e em muitas outras organizações. No entanto, a taxa de sucesso de implementação *lean* permanece baixa, visto que existe falta de formação e resistência por parte dos colaboradores e gestores em mudar (Coetzee et al., 2016). Para tal, é necessário compreender o conceito como um todo e utilizar as ferramentas adequadas de forma correta. Isto porque, existem sistemas com características específicas, com a procura e tempos de processamento instáveis, que dificultam a sua implementação (Marand, Sakata, Hirotani, Morikawa & Takahashi, 2013). Contudo, existem um vasto leque de ferramentas e técnicas que podem ser implementadas de acordo com as suas características e necessidades, tais como o *Just In Time (JIT)*, *Total Productive Maintenance (TPM)*, *Value Stream Mapping (VSM)*, entre outras que serão abordadas no capítulo seguinte.

## 1.2 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho consiste na análise do processo produtivo da empresa com o propósito de melhorar o fluxo de produção. Para isso, foi elaborado um VSM do estado atual para serem identificados os desperdícios presentes e, conseqüentemente, serem apresentadas oportunidades de melhoria, no sentido de eliminar faltas de material no cliente e reduzir o *Work – in – process (WIP)*. A escolha dos produtos para mapear o estado atual incidiu na prensa com maior diversidade de peças e com menor *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*.

## 1.3 Estrutura

O presente trabalho está estruturado em 5 capítulos. No primeiro capítulo é apresentado uma breve contextualização do tema, os objetivos pretendidos e a estrutura da dissertação, designando-se de Introdução. No capítulo seguinte, denominado de enquadramento teórico, são abordados o *Toyota Production System (TPS)* e a filosofia *Lean*, apresentando os seus princípios, a sua estrutura, os principais desperdícios e algumas ferramentas. Além disto, também é apresentada uma breve descrição de alguns sistemas de

controlo e planeamento da produção. Este capítulo foi elaborado de modo a obter conceitos necessários para a realização do projeto. No caso de estudo é descrita a apresentação da empresa, assim como o seu fluxo produtivo, desde o abastecimento até à obtenção do produto final. Além disso, é demonstrada a aplicação da ferramenta *Value Stream Mapping* do estado atual, onde é descrito todo o processo, desde a escolha da família de produtos ao desenho do mapa do estado atual. No capítulo 4, são indicados os desperdícios e problemas obtidos pela análise do VSM do estado atual. Ainda se procede à análise e dimensionamento do sistema *Kanban*, realizando-se cálculos referentes ao número de cartões *Kanban* e aos *stocks* de segurança presentes, apresentando-se também algumas propostas de melhoria. Por fim, no capítulo 5 apresentam-se as conclusões deste projeto, bem como algumas sugestões para trabalhos e projetos a serem desenvolvidos no futuro.



## 2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo é feito o enquadramento teórico, incluindo a definição e a evolução dos conceitos TPS e LM. Além disso, também são abordados os diferentes tipos de desperdícios observados em ambiente industrial, algumas das ferramentas *lean*, a estrutura do LM e por fim a descrição de alguns sistemas de controlo e planeamento da produção.

### 2.1 *Toyota Production System (TPS)*

O aparecimento do conceito do Sistema de Produção *Toyota*, de acordo com Lukasz Dekier, foi desenvolvido na empresa japonesa *Toyota*, após a Segunda Guerra Mundial. Os fundadores do sistema foram Sakichi Toyoda (fundador da *Toyoda Loom Works*), os seus filhos: Kiichiro Toyoda e Eiji Toyoda e, ainda, Taiichi Ohno, engenheiro-chefe da empresa *Toyota*.

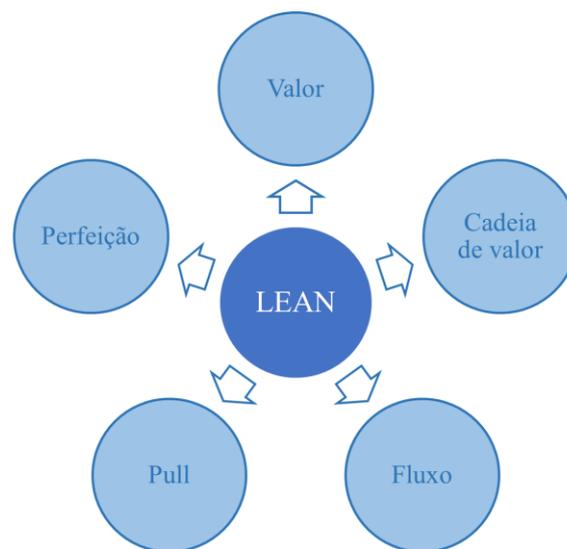
Segundo Dekier, o fundador da *Toyoda Loom Works* trabalhava na indústria têxtil, quando inventou um tear motorizado com um mecanismo de interrupção em caso de rotura do fio. Este mecanismo tornou-se mais tarde a base para o *Jidoka* (“automatização com inteligência humana”), um dos principais pilares para a construção do TPS. Em 1910, Sakichi Toyoda viajou para os Estados Unidos onde desenvolveu interesse pela indústria automóvel, mas só mais tarde é que o seu filho Kiichiro Toyoda realizou uma visita técnica às fábricas da *Ford*. Em 1937, torna-se o fundador da *Toyota Motor Corporation*. Mesmo com as várias tentativas de implementar o modelo “*fordista*”, não foi possível obter o sucesso pretendido e atingido pela *Ford* (Dekier, 2012). Deste modo, Eiji Toyoda juntamente com Taiichi Ohno, em 1950, criaram um sistema disciplinado e orientado para o processo, conhecido hoje por “*Toyota Production System*” (Abdulmalek et al., 2007). Com este sistema ligaram dois pilares - *Jidoka* e JIT - como na linha de montagem da *Ford* (Dekier, 2012). Assim, o TPS visa a produção do produto necessário, no tempo certo e na quantidade ideal, reduzindo o *stock* desnecessário. Além disso, as atividades que não agregam valor ao processo são eliminadas, tendo em conta a melhoria da qualidade do produto com a ajuda do *Jidoka* (Jasti & Kodali, 2015).

## **2.2 Lean Manufacturing (LM)**

O termo LM apareceu formalmente no artigo “*Triumph of the Lean Production System*” por Krafcik em 1988. Contudo, só em 1990 com o livro “*The Machine That Changed the World*” de Womack e Jones, é que este tema se tornou popular (Jasti & Kodali, 2015).

Segundo Bortolotti et al., o LM é visto através de uma lente estratégica / filosófica (por exemplo, Womack & Jones, 1996) ou operacional / técnica (por exemplo, Shah & Ward, 2007). Womack et al. (1996), forneceram uma definição global do LM afirmando que, “[...] é *lean* porque se utiliza menos de tudo em comparação com a produção em massa – metade do esforço humano na fábrica, metade do espaço utilizado, metade do investimento em ferramentas, [...]. Além disso, requer muito menos *stock* necessário no local, com menos defeitos na produção [...]” (Wickramasinghe et al., 2017, p. 533). Por outro lado, Shah et al. (2007), afirmam que LM é como um sistema integrado cujo objetivo principal é eliminar desperdícios, minimizando simultaneamente os fornecedores, clientes e a variabilidade interna (Wickramasinghe et al., 2017). A distinção entre estas duas visões é fundamental para compreender este conceito na sua totalidade. Deste modo, é possível que sejam aplicadas ferramentas e estratégias que forneçam valor ao cliente (Bhamu & Sangwan, 2014).

Alguns investigadores consideram o LM uma filosofia que compreende cinco princípios para eliminar todas as fontes de desperdício (ou MUDA) nos processos de produção (Bortolotti et al., 2015), conforme ilustrado na Figura 2.1.



**Figura 2.1.** Os Princípios *Lean*.

Para Womack et al. (1996), especificar o **valor** permite entender as necessidades do cliente. A análise da **cadeia de valor** possibilita distinguir as atividades necessárias para entregar um produto ao cliente e as atividades sem valor agregado. O **fluxo** implica que os produtos e serviços devem progredir de forma constante em todas as etapas de criação de valor, sem paragens, atrasos, interrupções e defeitos. O **pull** sugere que as empresas devem produzir bens ou serviços quando o cliente solicita, enquanto a **perfeição** é usada para sugerir a necessidade de melhoria contínua.

Outros autores interpretam o LM como um sistema que integra práticas e técnicas específicas para reduzir a variabilidade dos processos internos e externos (ou MURA). Esta variabilidade é reconhecida como a principal fonte de problemas de produção do ponto de vista *lean* (Bortolotti et al., 2015). Sendo assim, o LM tem sido um dos conceitos mais relevantes e citado na literatura de gestão de operações (Solaimani, Veen, Sobek II, Gulyaz & Venugopal, 2019), visto que oferece às organizações vantagem competitiva, redução de custos e melhorias na produtividade e na qualidade (Bhamu et al., 2014).

A implementação do *lean* evidencia benefícios quantitativos de acordo com vários autores, como a melhoria no tempo de produção, no tempo de processamento, no tempo de ciclo, no tempo de *setup*, a diminuição do *stock* e dos defeitos. Existe ainda, vários benefícios qualitativos que incluem uma melhoria na moral dos funcionários, um aumento da eficácia na comunicação, a tomada de decisão em equipa, entre outros. Sendo assim, “o *lean* pode ser um caminho, um processo, um conjunto de princípios, uma abordagem, um

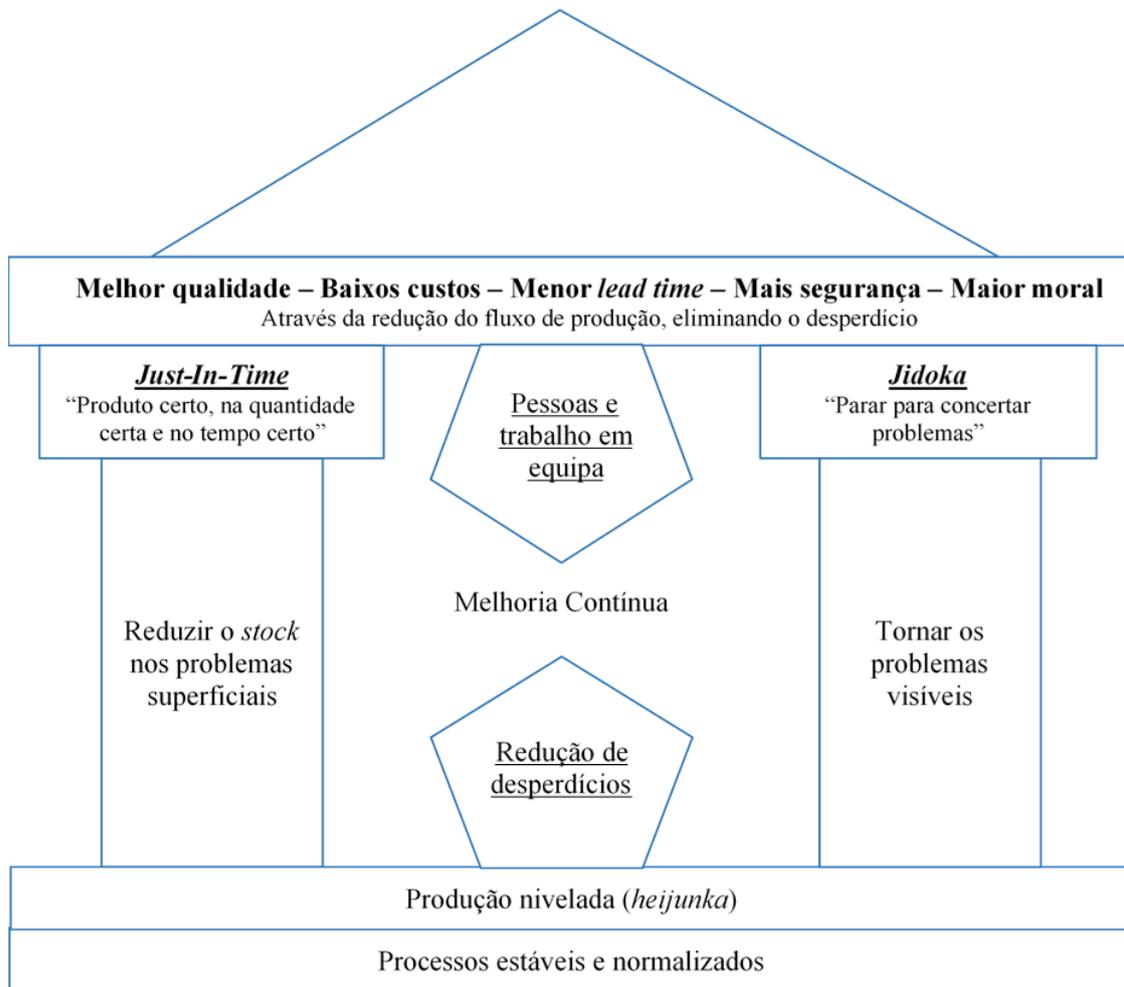
conceito, uma filosofia, uma prática, um sistema ou um conjunto de ferramentas e técnicas” (Bhamu et al., 2014, p. 878). Embora as definições de LM sejam bastantes, numa visão mais genérica, a produção *lean* tem foco principal na melhoria contínua, na eliminação dos desperdícios e na redução da variabilidade (Solaimani et al., 2019).

Posto isto, o *Lean Manufacturing* é considerado um sucessor do TPS (Liker & Morgan, 2006), diferenciando-se por ter o seu foco nas ferramentas, enquanto o TPS tem foco no sistema (Coetzee et al., 2016). Apesar do conceito ter génese na indústria automóvel, nos últimos anos a aplicação do LM em diferentes tipos de indústrias está a crescer rapidamente (Bhamu et al., 2014). Algumas das organizações relataram enormes benefícios, por exemplo na saúde, no governo, na construção, nos têxteis e vestuário, aeroespacial, alimentação, entre outros setores (Solaimani et al., 2019). Enquanto outras não obtiveram os resultados desejados, pois não tiveram uma compreensão adequada do LM (Bhamu et al., 2014).

### **2.3 Estrutura *Lean Manufacturing***

A estrutura do LM consiste nos elementos fundamentais que caracterizam o TPS. Este sistema está assente em dois pilares fundamentais, JIT e *Jidoka* como referido anteriormente. O pilar JIT é o mais conhecido e representa a produção de bens e serviços certos, no momento em que são necessários e nas quantidades exatas (Liker et al., 2006). Esta técnica recorre aos paradigmas *Pull* e *Kanban* para controlar o fluxo de materiais, pessoas e informação. Relativamente ao outro pilar, *Jidoka*, é um conceito menos conhecido e mais complexo, visto que representa a integração da inteligência humana numa máquina. Isto significa que o principal objetivo é fornecer ao processo autonomia, sendo capaz de atribuir vários equipamentos a um só operador (Liker et al., 2006).

De acordo com Liker et al., os elementos que constituem o TPS funcionam de forma sinérgica e interligados para atingir os objetivos do LM: redução de custos, melhoria da qualidade, redução do *lead time*, aumento da segurança, motivação e satisfação nos colaboradores. O conjunto de princípios do TPS foram representados como uma casa – “TPS *house*”, podendo ser visualizada na Figura 2.2 (Kehr & Proctor, 2017). Para os autores o modelo de uma casa representa um sistema estrutural, isto é, que o sistema só é forte se o telhado, os pilares e a base forem fortes.

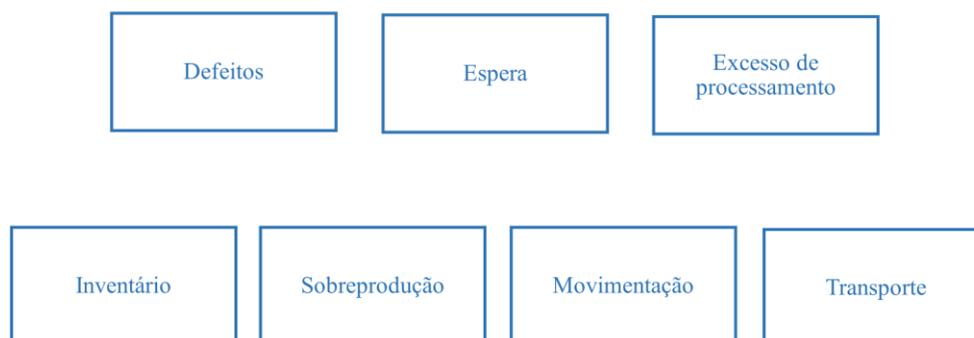


**Figura 2.2.** Casa do TPS (Adaptado de Liker et al., 2006).

## 2.4 Os 7 tipos de desperdício

Segundo Womack et al. (1996), o conceito de desperdício surge da palavra japonesa MUDA, referindo-se a qualquer atividade que consome recursos e não acrescenta valor do ponto de vista do cliente. Com a implementação *lean* é possível descobrir atividades sem valor agregado e usar medidas essenciais para evitar esses resíduos no processo de produção do produto (Jasti & Kodali, 2014).

Taiichi Ohno, com a criação do TPS, identificou a existência de 7 desperdícios fundamentais (Koskela, Bølviken & Rooke, 2013), conforme ilustrado na Figura 2.3. Posteriormente, é feita uma breve descrição sobre cada desperdício e apresentadas na Figura 2.5, Figura 2.6, Figura 2.7, Figura 2.8, Figura 2.9 e Figura 2.10 as suas causas, consequências e possíveis soluções.



**Figura 2.3.** Os 7 desperdícios *Lean*.

### 2.4.1 Defeitos

Este desperdício é o mais usual e está relacionado com a fraca qualidade interna. Um produto sem qualidade possui características que não correspondem às especificações e necessidades do cliente e, portanto, necessitam de ser reparados. Isto corresponde a uma má prática, pois se os produtos forem retrabalhados, conduzirá a um aumento de custos de mão-de-obra, materiais, instalações e transporte. Por outro lado, os produtos que não possam ser restaurados vão representar um desperdício total de todos os recursos investidos (Womack, J., & Jones, 2003).

Causas	Consequências	Soluções
<ul style="list-style-type: none"> <li>Falhas e erros humanos;</li> <li>Ênfase na inspeção final;</li> <li>Transporte e movimentações;</li> <li>Ausência de padrões de autocontrolo;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Retrabalho;</li> <li>Maior <i>lead time</i>;</li> <li>Aumento de custos e tempo;</li> <li>Diminuição da produtividade;</li> <li>Sucata desnecessária;</li> <li>Aumento de <i>stock</i>;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar operações padrão;</li> <li>Instalar dispositivos de detenção de erros (<i>Poka-Yoke</i>);</li> <li>Descobrir a causa raiz do efeito;</li> <li>Incentivar a produção em fluxo contínuo (sem <i>stock</i> para não esconder o problema);</li> <li>Eliminar ou reduzir a necessidade de movimentar os materiais/peças;</li> <li>Construir qualidade na fonte e em cada operação/processo;</li> </ul>

**Figura 2.4.** Defeitos (Adaptado de Folinas et al., 2014).

### 2.4.2 Espera

O desperdício designado de espera, refere-se ao período de ociosidade, ou seja, intervalos de tempo em que os produtos ficam em espera para serem processados. Assim como representa tempos perdidos com as paragens dos operadores ou equipamentos (Thurer et al., 2017).

Causas	Consequências	Soluções
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de componentes ou mão-de-obra insuficiente;</li> <li>• Capacidade não balanceada com a procura;</li> <li>• Fraca comunicação;</li> <li>• Fluxo obstruído (avarias, problemas de qualidade ou acidentes);</li> <li>• Grandes lotes de produção;</li> <li>• Problemas de <i>layout</i>;</li> <li>• <i>Setup</i> elevado;</li> <li>• Não conformidade ou atraso das entregas dos fornecedores;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobreprodução;</li> <li>• Menor eficiência produtiva;</li> <li>• Maior <i>lead time</i>;</li> <li>• Não cumprimento de prazos de entrega;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reestruturar o <i>layout</i>;</li> <li>• Utilizar a ferramenta SMED;</li> <li>• Adotar uma manutenção preventiva;</li> <li>• Balancear os postos de trabalho;</li> <li>• Nivelar as operações (<i>Heijunka</i>);</li> </ul>

Figura 2.5. Espera (Adaptado de Folinas et al., 2014).

### 2.4.3 Excesso de processamento

Este desperdício consiste em tarefas que poderiam ser realizadas de maneira mais simples ou tarefas que não estão a ser necessárias no processamento. Posto isto, o excesso de processamento significa tarefas desajustadas que não acrescentam valor ao produto. É de salientar que qualquer processo gera perdas e desperdícios, contudo estes podem ser minimizados ou eliminados (Womack, et al., 2003).

Causas	Consequências	Soluções
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instruções de trabalho pouco claras;</li> <li>• Requisitos dos clientes não definidos ou pouco específicos;</li> <li>• Especificações de qualidade excessivas;</li> <li>• Formação inadequada ou falhas na comunicação;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custos adicionais;</li> <li>• Dispendio de pessoas, equipamentos e tempo;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatizar e normalizar o processo;</li> <li>• Elaborar instruções claras e objetivas;</li> <li>• Formar os colaboradores;</li> </ul>

**Figura 2.6.** Excesso de processamento (Adaptado de Folinas et al., 2014).

### 2.4.4 Inventário

O inventário representa armazenamento desnecessário de matérias-primas, produtos intermédios (WIP) e produtos finais. Isto significa a presença de materiais retidos durante um determinado período de tempo, no interior ou exterior da fábrica, ocupando espaço desnecessariamente (Shah & Patel, 2018).

Causas	Consequências	Soluções
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longos tempos de <i>setup</i>;</li> <li>• Problemas de qualidade (defeitos);</li> <li>• Problemas de <i>layout</i>;</li> <li>• Existência de gargalos ou estrangulamentos nos processos;</li> <li>• Antecipação da produção;</li> <li>• Processos com diferentes ritmos e velocidades;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimentações e transporte desnecessários;</li> <li>• Mais espaço ocupado;</li> <li>• Custos adicionais;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar o sistema <i>Just-in-time</i>;</li> <li>• Controlar as operações;</li> <li>• Utilizar tamanhos de lotes pequenos;</li> <li>• Usar produção <i>pull</i>;</li> <li>• Diminuir os tempos de <i>setup</i>;</li> <li>• Melhorar a qualidade dos processos;</li> </ul>

**Figura 2.7.** Inventário (Adaptado de Folinas et al., 2014).

### 2.4.5 Sobreprodução

Este refere-se ao pior desperdício considerado pela *Toyota*. Para Ohno é considerado um desperdício primário que origina os outros desperdícios todos. Basicamente, diz respeito à produção em excesso de produtos finais que não são requeridos pelo cliente ou à produção antecipada. Posto isto, representa um desperdício, pois Koskela et al. (2013) defendem que o objetivo é simplesmente produzir o que é necessário e quando é exigido pelo cliente, respeitando a filosofia do JIT.

Apesar dos efeitos negativos que provêm deste desperdício, as organizações continuam com a produção em excesso, uma vez que lhes permite prevenir algumas falhas de abastecimento.

Causas	Consequências	Soluções
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Margem de produção para compensar defeitos;</li> <li>• Rentabilizar atividades sem valor acrescentado;</li> <li>• Fraca manutenção preventiva;</li> <li>• Grandes lotes de produção;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acumulação de WIP;</li> <li>• Defeitos camuflados;</li> <li>• Elevadas horas de produção;</li> <li>• Retrabalho e sucata;</li> <li>• Ocupação desnecessária de recursos;</li> <li>• Consumo de materiais e energia sem retorno financeiro;</li> <li>• Antecipação de compras de matérias-primas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programar e uniformizar ao longo da Cadeia de valor;</li> <li>• Balancear postos de trabalho;</li> <li>• Operar em fluxo contínuo;</li> <li>• Usar produção <i>pull</i> (JIT), SMED, Kanban;</li> <li>• Nivelar a produção (<i>heijunka</i>);</li> </ul>

Figura 2.8. Sobreprodução (Adaptado de Folinas et al., 2014).

#### 2.4.6 Movimentação

Este retrata o excesso de movimentos usados para realizar uma determinada operação. Este tipo de MUDA aplica-se a todos os movimentos relativos à linha de produção, aos equipamentos e à procura de materiais e de ferramentas.

Causas	Consequências	Soluções
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas de <i>layout</i>;</li> <li>• Obstáculos no caminho;</li> <li>• Operações isoladas;</li> <li>• Falta de formação;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custos adicionais;</li> <li>• Baixa produtividade;</li> <li>• Problemas na qualidade;</li> <li>• Aumento dos prazos de entrega;</li> <li>• Risco de ocorrência de avarias nos equipamentos;</li> <li>• Aumento dos níveis de cansaço e fadiga;</li> <li>• Desmotivação dos colaboradores;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formar os colaboradores;</li> <li>• Promover a uniformização das operações de trabalho;</li> <li>• Procurar atingir o fluxo contínuo;</li> </ul>

Figura 2.9. Movimentação (Adaptado de Folinas et al., 2014).

### 2.4.7 Transporte

Este desperdício é exemplo do efeito dominó, ou seja, o aparecimento de um deles promove este. O transporte está associado às movimentações excessivas de matérias-primas ou de produtos acabados, que não acrescenta valor do ponto de vista do cliente. Contudo, não é possível eliminá-lo por completo, pois é um MUDA necessário.

Causas	Consequências	Soluções
<ul style="list-style-type: none"><li>• Fraco planeamento e programação da produção;</li><li>• Problemas de <i>layout</i>;</li><li>• Mau armazenamento de materiais;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Custos adicionais;</li><li>• Aumento dos tempos de produção e de espera;</li><li>• Produtos danificados;</li><li>• Utilização de recursos desnecessários;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diminuir distâncias entre postos de trabalho;</li><li>• Reduzir ou eliminar o <i>stock</i>;</li><li>• Sincronizar processos;</li><li>• Optar por sistemas de transporte flexíveis;</li><li>• Corrigir o <i>layout</i>;</li><li>• Usar a produção <i>pull</i>;</li></ul>

Figura 2.10. Transporte (Adaptado de Folinas et al., 2014).

Shigeo Shingo (outro criador do Sistema de Produção *Toyota*) realizou uma análise mais profunda sobre a classificação destes desperdícios, distinguindo primeiramente as operações e os processos. Afirma que “um processo é um fluxo contínuo, onde as matérias-primas são convertidas em produtos acabados [...]” (Koskela et al., 2013, p. 4). Além disso, classifica-o em quatro fases: processamento, armazenamento, transporte e inspeção, em que cada fase tem uma operação correspondente. Por outro lado, diz que “uma operação é qualquer ação realizada pelo operador, máquina ou equipamento nas matérias-primas, produtos intermédios ou acabados” (Koskela et al., 2013, p. 4).

Aplicando esta análise aos sete desperdícios, compreende-se que estes são divididos em desperdícios operacionais e de processo. Os desperdícios operacionais correspondem à espera e às movimentações e os desperdícios de processo correspondem aos restantes cinco. O excesso de processamento, o inventário, o transporte e os defeitos encaixam-se nas quatro fases de Shingo, sendo que a sobreprodução está relacionada com o resultado do processo de produção como um todo (Koskela et al., 2013).

Em 2014, Liker inclui mais um desperdício para além dos sete já referidos, designado de **subaproveitamento do potencial humano**. Este desperdício está relacionado à não utilização das capacidades, da criatividade, das ideias e das melhorias que podem advir dos colaboradores (Thurer et al., 2017).

## **2.5 Ferramentas *Lean Manufacturing***

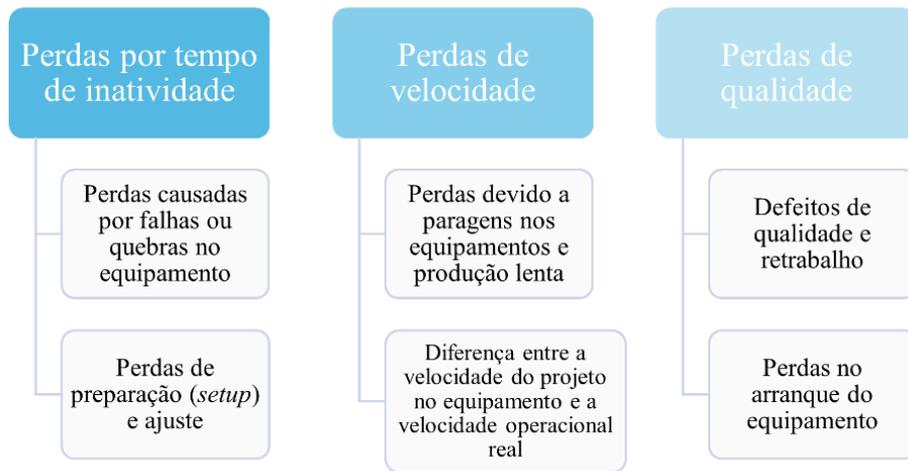
Tal como referido anteriormente, a implementação do LM concentra-se na identificação e na eliminação de todos os tipos de desperdício com a aplicação adequada de ferramentas e técnicas *lean* (Bhamu et al., 2014).

Existem diversas ferramentas *lean* como o *Value Stream Mapping* (VSM), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Total Productive Maintenance* (TPM), *Kanban*, *Single Minute Exchange of Die* (SMED), *5s*, *Poka-Yoke* (sistema anti-erro), entre outras. De seguida, será indicada uma breve definição de algumas destas técnicas.

### **2.5.1 OEE**

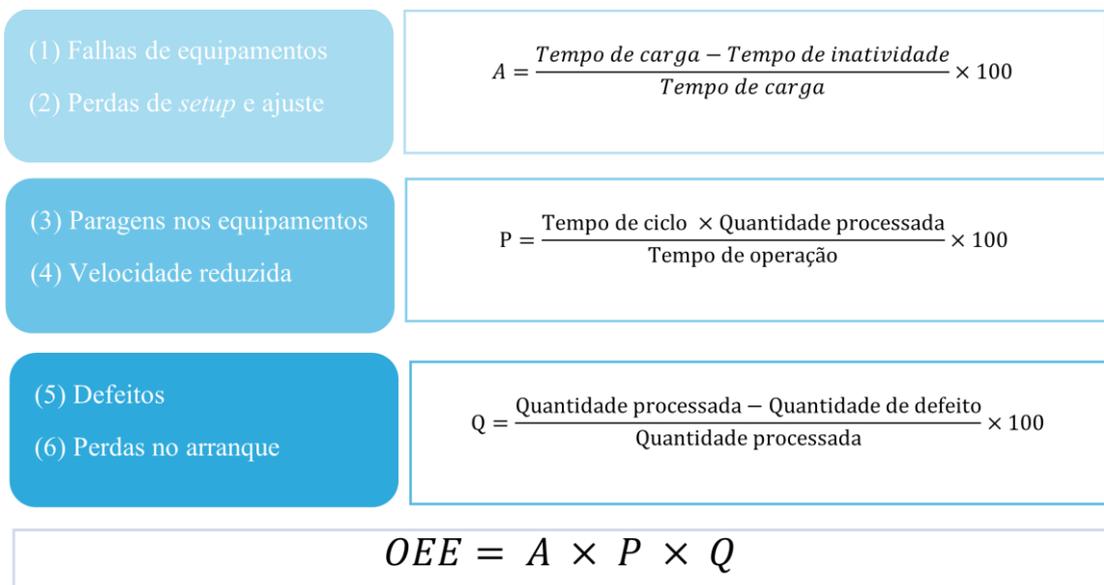
A eficácia geral do equipamento é uma métrica que foi desenvolvida por Nakajima em 1988 após ter desenvolvido o TPM (Mathur, Dangayach, Mittal & Sharma, 2011). O objetivo do TPM é atingir zero avarias e zero defeitos nos equipamentos (Muchiri & Pintelon, 2008). Deste modo, o TPM pretende aumentar a eficácia geral do equipamento (Ahuja & Khamba, 2008).

Segundo Williamson, o OEE é definido como uma medida de desempenho total do equipamento, isto é, o grau de funcionamento em que o equipamento se encontra (Muchiri et al., 2008). Esta métrica identifica seis principais perdas ou razões para o baixo desempenho e, portanto, fornece a base para estabelecer as prioridades de melhoria e ser construída uma análise da causa raiz (Muchiri et al., 2008). Estas perdas podem ser divididas em 3 grandes perdas, conforme se pode observar na Figura 2.11.



**Figura 2.11.** As seis grandes perdas (Jonsson & Lesshammar, 1999).

Assim sendo, estas grandes perdas são medidas através da eficácia geral do equipamento (OEE), que é calculado segundo o produto da taxa da disponibilidade (*A- Availability*), a taxa de desempenho (*P – Performance efficiency*) e a taxa da qualidade (*Q – Rate of quality products*) (Binti Aminuddin et al., 2016), como se pode observar na figura seguinte (Figura 2.12).



**Figura 2.12.** Cálculo OEE (Adaptado de Ahuja et al., 2008).

Segundo Garza-Reyes et al. (2010), esta ferramenta é considerada como uma das métricas de desempenho mais importantes e é utilizada por organizações não só para controlar a produtividade e a qualidade, mas também como um indicador de desempenho de melhorias (Binti Aminuddin et al., 2016). Desta forma, tem sido adotada em diversos campos industriais e usada de diversas maneiras, com modificações para se adequar a determinadas indústrias e ao seu objetivo de medição (Mathur et al., 2011).

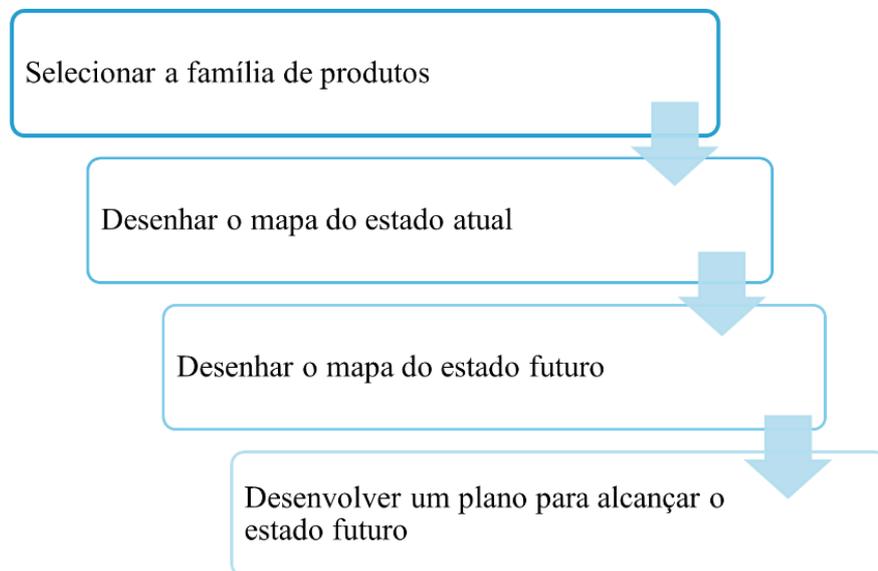
Porém, esta métrica não é considerada adequada para processos de manufatura manual, limitando a sua aplicação a sistemas automáticos e semiautomáticos (Muchiri et al., 2008). Além disso, só mede a eficiência de equipamentos individuais instalados numa determinada fábrica e, geralmente, as máquinas não são isoladas, operando em conjunto numa linha de produção (Mathur et al., 2011). Para Mathur et al., as seis perdas identificadas anteriormente foram expandidas e, conseqüentemente, o OEE foi evoluindo ao longo do tempo, designando-se por *Total Effective Equipment Productivity* (TEEP), *Overall Plant Effectiveness* (OPE), *Overall Throughput Effectiveness* (OTE), *Overall Factory Effectiveness* (OFE), *Overall Line Effectiveness* (OLE) e *Overall Equipment Effectiveness of a Manufacturing Line* (OEEML), superando as limitações do OEE.

### **2.5.2 VSM**

O conceito de *Value Stream Mapping* foi descrito como um grupo de técnicas capazes de identificar desperdícios num fluxo de valor quando foi introduzido pela primeira vez no LM em 1995 (Shou, Wang J., Wu, Wang X. & Chong, 2017). Em 1999, Rother e Shook popularizam esta ferramenta no livro “*Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*”, definindo-a como uma linguagem para compreender as atividades de valor agregado e sem valor agregado, desde a matéria-prima até à entrega do produto final ao cliente.

Deste modo, o seu principal objetivo consiste em mapear o fluxo de materiais e de informação, identificando todos os tipos de desperdício e, conseqüentemente adotar medidas para tentar eliminá-los (Abdulmalek et al., 2007). Para Masuti e Dabade (2019), o VSM consiste em descrever o estado atual da empresa, para resolver os problemas encontrados e melhorar o estado futuro. No entanto, é necessário reunir um conjunto de informações sobre o estado atual da empresa (Masuti et al., 2019).

A aplicação do VSM é composta por quatro fases essenciais (Womack, et al., 2003), como é possível observar na seguinte figura (Figura 2.13).



**Figura 2.13.** Fases de implementação do VSM (Womack et al., 2003).

Segundo Rother e Shook, a primeira etapa para o Mapeamento do Fluxo de Valor corresponde à seleção de um produto específico ou a uma família de produtos. Para os autores, uma família de produtos deverá ter um processo de fabrico semelhante em todos os produtos, utilizando equipamentos comuns ao longo de todo o processo. Após a seleção, o passo seguinte baseia-se na recolha de informações no chão de fábrica para desenhar o estado atual. Os principais dados que devem ser recolhidos antes do desenho são: tempo de ciclo (C/T), tempo de *setup* (C/O), número de operadores, *stock* intermédio e tamanho do lote. Este mapa do estado atual é desenhado através de um conjunto de ícones, símbolos, setas e métricas, utilizando lápis e papel. No anexo A estão expostos alguns exemplos destes símbolos. Posteriormente, é feita uma análise sendo também necessário realizar-se alguns cálculos básicos, como o *Takt time*. Com o mapa do estado atual concluído, é possível identificar tempos e atividades que acrescentam ou não valor. Posteriormente, desenha-se o mapa do estado futuro que é uma imagem de como o processo de produção deve ser feito depois de serem removidos os desperdícios e todas as ineficiências. Por fim, a última etapa corresponde à preparação e elaboração de um plano para implementar as medidas que levam a alcançar o estado futuro (Rother & Shook, 1999).

Deshkar, Kamle, Giri e Korde (2018), apresentam uma abordagem diferente da convencional, definindo o VSM como uma ferramenta que contém 5 etapas:

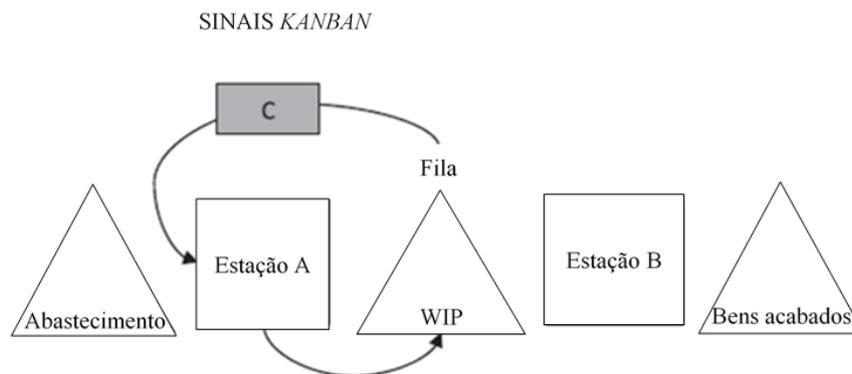
1. Selecionar a família de produtos;
2. Desenhar o mapa do estado atual;
3. Eliminar os desperdícios e desenhar o mapa do estado futuro;
4. Simular o mapa do estado futuro;
5. Implementar;

Apesar de todas as vantagens desta ferramenta, Khaswala e Irani (2001) referem algumas limitações como a dificuldade em mapear vários produtos de fluxos diferentes, falta de indicadores financeiros (lucros, custos de operação, despesas com o inventário), ausência de um método para escolher o tipo de melhorias, entre outras.

### **2.5.3 Kanban**

O sistema *Kanban*, advém da filosofia TPS, desenvolvido por Taiichi Ohno (Klankamsorn, 2020), desempenhando um papel importante na transmissão de informações (Mao, Yang & Xu, 2014). Este sistema é uma estratégia de manufatura que utiliza o conceito *pull* para controlar o fluxo de materiais entre os postos de trabalho e reduz o *stock* de matéria-prima, WIP e produto acabado, mantendo o nível de serviço desejado (Klankamsorn, 2020). Para Mao et al. (2014), existe três tipos de *Kanban*: o *Kanban* de produção (autoriza a produção), de transporte (autoriza a movimentação do material) e o especial (usado para uma pequena quantidade de produtos ou produtos temporários).

A forma mais usada e tradicional de apresentação de um *Kanban* é o cartão, sendo uma solução barata e uma forma simples de controlar a produção (Kumar & Panneerselvam, 2007). Na Figura 2.14 pode-se observar o sistema *Kanban* tradicional, coordenando duas estações. Um cartão pode ser definido consoante cada empresa, contudo deve conter algumas informações relevantes, como a referência da peça, a descrição da peça, a capacidade do contentor, o processo anterior e o processo a seguir.



**Figura 2.14.** Sistema *Kanban* tradicional (Adaptado de Thurer et al., 2016).

Para Huang e Kusiak (1996), o número de cartões *Kanban* é determinado através da quantidade de *stock*. Os autores defendem que é importante determinar este número para que o WIP seja minimizado e, simultaneamente, não haja falta de *stock*. Assim sendo, o cálculo consiste na seguinte fórmula, contendo o consumo médio do cliente por unidade de tempo (DD), o *lead time* (L), o *stock* de segurança ( $\alpha$ ) e a capacidade de um contentor (C):

$$\mathbf{K} = \frac{DD \times L(1 + \alpha)}{C} \quad (2.1)$$

Para garantir o sucesso da implementação do sistema, devem ser considerados alguns fatores, como a gestão de *stock*, o controlo da qualidade, a participação de fornecedores, as melhorias de qualidade e o comprometimento dos funcionários e da alta administração (Rahman, Sharif & Esa, 2013).

A abordagem do sistema *Kanban* é difícil de usar em certas organizações, pois apresentam ordens de serviço com ciclos de produção curtos, operam com tempos de *setup* significativos e têm imprevisibilidade e/ou variabilidade elevada da procura (Huang et al., 1996). Estes autores defendem que para superar essas dificuldades foram desenvolvidos vários modelos modificados do sistema *Kanban*, discutidos a seguir no subcapítulo 2.6.

#### 2.5.4 SMED

*Single Minute Exchange of Die* (SMED) é uma ferramenta *lean* que foi desenvolvida por Shigeo Shingo, engenheiro industrial japonês da *Toyota*. Shingo defende

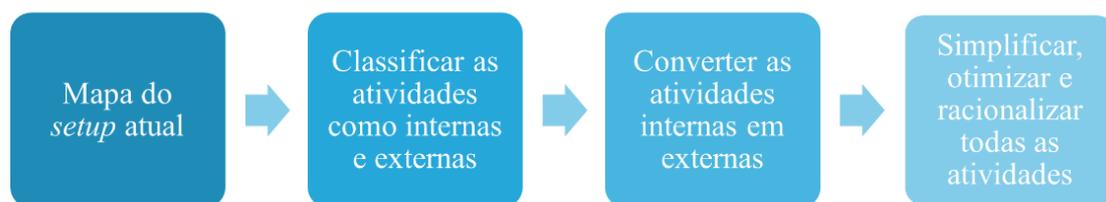
que o objetivo desta abordagem consiste na diminuição do tempo de *setup* para um único dígito, ou seja, para menos de 10 minutos (Almomani, Aladeemy, Abdelhadi & Mumani, 2013). Afirma ainda, que consiste numa abordagem científica que pode ser aplicada em qualquer fábrica e em qualquer máquina. Sendo assim, a sua aplicação resulta no aumento da capacidade produtiva, na melhoria da flexibilidade do equipamento e, conseqüentemente, na redução de custos.

Shingo baseia este método na classificação de todas as operações de *setup* em dois tipos (Ferradás & Salonitis, 2013):

- **Atividades internas** – atividades que só podem ser realizadas com a máquina desligada e, portanto, devem ser minimizadas pois atrasam a produção.
- **Atividades externas** – atividades que podem ser realizadas durante o funcionamento normal do equipamento (Almomani et al., 2013).

Estas atividades internas e externas envolvem diferentes operações como a preparação, o ajuste pós-processo, a verificação de materiais, medições, ensaios, entre outras (Ferradás et al., 2013).

Assim sendo, a implementação do SMED é constituída por quatro etapas diferentes, como se pode observar na seguinte figura (Figura 2.15).



**Figura 2.15.** Fases de implementação SMED (Almomani et al., 2013).

A primeira etapa tem como objetivo compreender como o *setup* é executado no momento, isto é, proceder-se à realização de uma imagem geral de todas as atividades. Posto isto, deve-se primeiramente recolher o máximo de informações sobre os procedimentos atuais através de entrevistas com os operadores de máquinas e supervisores de linha. De seguida, recomenda-se determinar o tempo padrão para cada operação (Almomani et al., 2013).

Após a análise do mapa atual, as atividades são classificadas em dois grupos: internas e externas. A separação destes grupos é feita com o uso de três ferramentas recomendadas por Shingo (Almomani et al., 2013):

1. Elaborar uma *check-list* de todos os itens necessários;
2. Realizar uma verificação das condições de funcionamento;
3. Procurar melhorar a coordenação do movimento de materiais, pessoas e equipamentos;

Na fase seguinte, é preciso transferir todo o trabalho que é executado com a máquina parada para quando está a funcionar. Podem ser utilizadas várias técnicas como a preparação da máquina com antecedência, pré-aquecer ou pré-arrefecer ou ainda, redesenhar os equipamentos (Almomani et al., 2013).

Por fim, a última etapa consiste na utilização de técnicas para melhorar as atividades internas e externas. Nas atividades externas recomenda-se eliminar os desperdícios associados à localização, movimentação e substituição de materiais e ferramentas. Assim como, realizarem-se inspeções antecipadas das ferramentas para garantir que estão a funcionar corretamente. Nas atividades internas deve-se executar mais do que um *setup* ao mesmo tempo sempre que possível e reduzir ou eliminar ajustes através da ferramenta *Poka-Yoke* (Almomani et al., 2013).

A aplicação da abordagem SMED não se limitou a um tipo de indústria, tendo sido aplicada ao longo dos anos a processos de manufatura, serviços de administração e operações de montagem. Contudo, esta abordagem na sua forma simples em sistemas industriais não é o suficiente, pois só resulta em sistemas com uma máquina e um operador. Assim, Goubergen desenvolveu uma abordagem modificada conhecida por *Multi Machine Setup Reduction* (MMSUR), conseguindo superar esta limitação do SMED (Almomani et al., 2013).

### **2.5.5 A metodologia 5S**

A aplicação do conceito 5S dentro de uma empresa foi formalizada pela primeira vez no início dos anos 80 por Takashi Osada (Gapp, Fisher & Kobayashi, 2008). O seu objetivo é tornar o ambiente de trabalho ordenado e limpo para melhorar a segurança e a eficiência, reduzindo o índice de defeitos por produto (Singh, Rastogi & Sharma, 2014). Em japonês, 5S é a forma abreviada de cinco palavras que expressam limpeza, ordem na empresa

e aceitação disso como disciplina de trabalho conforme mostrado na Figura 2.16 (Singh et al., 2014).



**Figura 2.16.** Metodologia 5S.

- **Seiri** – consiste na seleção e na classificação de materiais necessários e desnecessários, descartando os que não são fundamentais.
- **Seiton** – baseia-se na organização dos materiais e objetos possibilitando um acesso fácil, rápido e funcional. Para isso, é essencial definir o posicionamento dos materiais consoante a regularidade de utilização e identificar os locais.
- **Seiso** – significa limpeza e refere-se à eliminação de sujeira, resíduos ou mesmo objetos estranhos e/ou desnecessários ao ambiente. Para além disso, é importante definir práticas e normas, fixando uma distribuição de tarefas de limpeza.
- **Seiketsu** – nesta fase deve-se normalizar as três fases anteriores criando normas, instruções e planos de trabalho disponíveis a todos os colaboradores.
- **Shitsuke** – A última etapa da metodologia 5S abrange o aprimoramento das quatro etapas anteriores, ou seja, consiste na disciplina para manter em funcionamento os primeiros 4S. A sua aplicação é considerada uma das etapas mais difíceis, visto que as pessoas são resistentes à mudança.

## 2.6 Sistemas de controlo e planeamento da produção

Atualmente, as empresas de produção sob encomenda (MTO) concentram-se na diminuição dos tempos de processamento para obterem vantagem competitiva perante os seus concorrentes (Germs & Riezebos, 2010). Os sistemas de *Production Planning and Control* (PPC) são cruciais para atender às procuras e expectativas dos clientes neste clima altamente competitivo. Um sistema PPC regula o fluxo de informações e materiais no chão de fábrica, mantendo um equilíbrio entre o nível de *stock* e a disponibilidade dos produtos para atender à procura (Torkabadi & Mayorga, 2018). Estes sistemas incluem o planeamento dos requisitos de materiais, a gestão da procura, o planeamento da capacidade, a programação e o sequenciamento de tarefas. Consequentemente, os principais objetivos de tais funções correspondem à redução do *WIP*, à minimização dos tempos de processamento, à redução de custos associados ao *stock* e à melhoria da capacidade de resposta perante as mudanças da procura. Portanto, a escolha de um apropriado sistema PPC é um fator essencial para qualquer organização (Stevenson et al., 2005).

A introdução do primeiro sistema PPC desenvolveu-se através do Ohno (1988) no TPS conhecido por sistema *Kanban*. No entanto, apesar do sucesso do sistema *Kanban* tradicional na *Toyota*, este não é adequado para todas as condições de produção. Assim sendo, diferentes autores tiveram oportunidade para defenderem novas estratégias a fim de contornarem limitações do sistema *Kanban*, tais como o *Constant Work In Process* (CONWIP; por exemplo Spearman, Woodruff & Hopp 1990; Jaegler et al. 2017), *Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization* (POLCA; por exemplo Suri 1998; Riezebos 2010), *Control of Balance by Cardbased Navigation* (COBACABANA; por exemplo Land 2009; Thürer, Land & Stevenson 2014), *Drum-Buffer-Rope* (DBR; por exemplo Goldratt 1990; Guide 1996; Mabin & Balderstone 2003); *Periodic Batch Control* (PBC; por exemplo Burbidge 1996; Benders & Riezebos 2002), *Workload Control* (WLC; por exemplo Land & Gaalman 1998; Land 2006), entre outros (Bagni et al., 2021). De seguida, será indicada uma breve descrição dos sistemas baseados em cartões em cima indicados.

### 2.6.1 CONWIP

O sistema CONWIP foi desenvolvido por Spearman, Woodruff & Hopp em 1990, sendo sugerido como uma alternativa ao sistema *Kanban* tradicional. No entanto, são dois sistemas semelhantes, usando um cartão/sinal para controlar o WIP (Torkabadi & Mayorga, 2018). No CONWIP este cartão/sinal refere-se à linha de produção, enquanto no *Kanban* cada cartão é usado para sinalizar a produção de uma peça específica. Posto isto, este sistema supera o *Kanban*, na questão de suportar milhares de referências. Contudo, todas as referências têm de seguir a mesma sequência de execução, ou seja, só funcionam em sistemas *flow shop*. Este sistema utiliza-se na maior parte das vezes em indústrias MTO, sendo capaz de lidar facilmente com produtos solicitados apenas uma única vez. Em relação à sua utilização em ambientes com variabilidade da procura elevada, este não será a opção mais viável, pois irá conduzir à acumulação de quantidades elevadas na entrada no sistema, em períodos de sobrecarga, conduzindo a tempos de espera inadmissíveis.

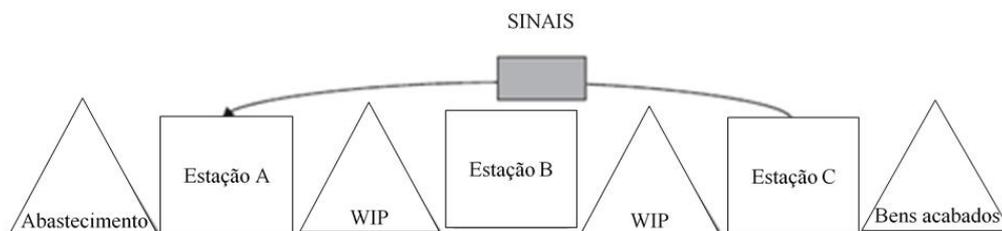
O funcionamento do CONWIP consiste num *loop* único de informação, isto é, existe uma única ligação do último posto de trabalho ao primeiro. Isto significa que o cartão é colocado no contentor na primeira operação, sendo retirado na última operação e enviado de volta ao início, onde aguarda numa fila de cartões para eventualmente ser anexado a outro contentor de peças. A disciplina da fila usada em todos os postos de trabalho é o primeiro no sistema é o primeiro a ser servido (FSFS - *First-In-System-First-Served*), isto é, o contentor com menor tempo de entrada no sistema será iniciado primeiro (Spearman et al., 1990). Para os autores, a única exceção é quando se realiza retrabalho e nesse caso esses produtos recebem prioridade. Spearman et al. (1990) referem que os parâmetros para estabelecer este sistema são:

- **m** - Contagem de cartões. Este determina o máximo de WIP para a linha;
- **qp** – Quota de produção, representando a quantidade de produção pretendida para um determinado período.
- **n** – Quantidade máxima de trabalho.
- **r** – Gatilho de falta de capacidade. Este gatilho indica qual a capacidade adicional que deve ser utilizada (horas extras, entre outras).

Ao aumentar **n** e/ou **r** conduzirá ao aumento dos níveis de serviço por causa de *stocks* mais altos. No caso de se aumentar **qp** levará ao aumento das receitas esperadas, enquanto os níveis de serviço diminuirão.

Uma abordagem cautelosa para a implementação do CONWIP deverá ser a mesma que a implementação do *Kanban*: definir os parâmetros de inventário  $m$  e  $n$  mais altos do que o ideal e diminuir gradualmente ao longo do tempo (Spearman et al., 1990).

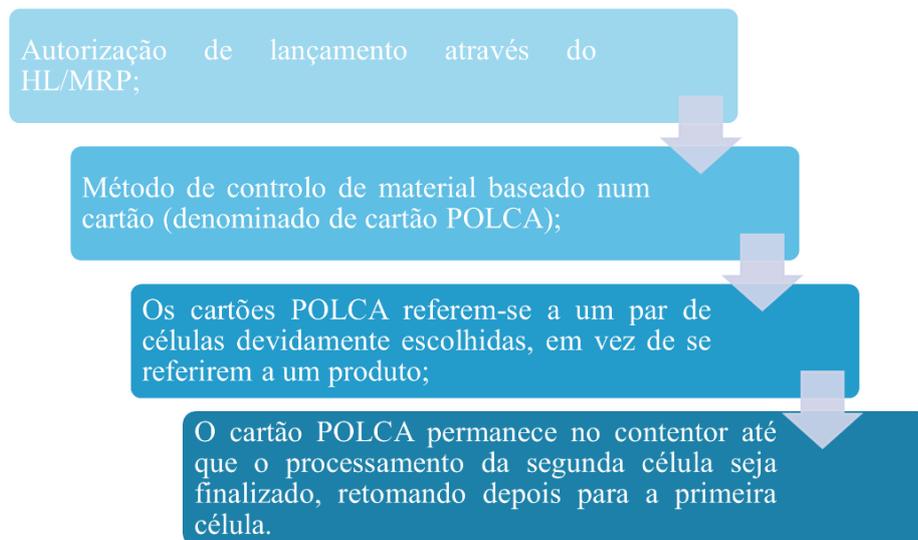
O sistema CONWIP é apresentado na Figura 2.17.



**Figura 2.17.** Sistema CONWIP utilizando cartões anónimos (Adaptado de Thurer et al., 2016).

### 2.6.2 POLCA

O sistema POLCA, criado por Suri (1998), é caracterizado por ser um sistema híbrido que combina o *Kanban* (*pull*) e o *High Level Material Requirement Planning* (HL/MRP) (*push*), procurando suprir e/ou melhorar as limitações de ambos os sistemas. Este sistema demonstra-se relevante no setor de produção por encomenda – MTO, uma vez que lidam com alta variedade de produtos. Para implementação do POLCA, é necessário que o *layout* da fábrica seja em células, isto é, cada peça tem uma rota de produção que pode ser ou não a mesma de outras peças. Deste modo, o POLCA apresenta quatro características representadas na figura seguinte (Figura 2.18).



**Figura 2.18.** Características do sistema POLCA (Adaptado de Chinet & Filho, 2014).

Posto isto, o funcionamento do sistema POLCA começa com a receção de um pedido do cliente, no qual o sistema HL/MRP utiliza o *lead time* planeado de cada célula para determinar o início de processamento de cada célula. Estas datas de autorização serão executadas apenas se o cartão POLCA estiver disponível na célula que inicia a operação.

### 2.6.3 COBACABANA

O sistema COBACABANA foi desenvolvido por Land em 2009, sendo o mais recente dos sistemas referidos anteriormente (Thurer et al., 2016). Land (2009) propôs o sistema baseado num conceito de planeamento e controlo da produção conhecido como controlo de carga – WLC. Sendo assim, o sistema consiste em reter o trabalho que chega ao *shop-floor* numa “*pool*” que o procede, num *loop* de cartões para controlar a capacidade e no controlo do lançamento de trabalho da “*pool*” para o *shop floor*, de modo a criar um *mix* que estabilize o WIP. Além disto, baseia-se na decisão acerca do lançamento de trabalho que é suportada pelo *feedback* referente a carga de trabalho presente no *shop-floor* (Thurer et al., 2015). Neste caso, os cartões representam uma determinada carga de trabalho, indicada pelo seu tamanho e diferenciam-se em dois tipos:

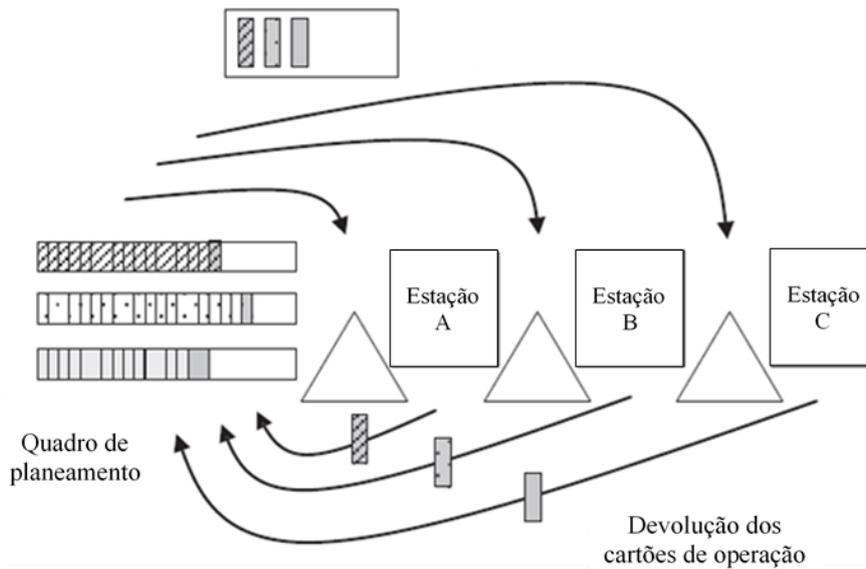
- 1) Cartões de planeamento;
- 2) Cartões de operação.

Os cartões de planeamento mantêm-se com o planeador e são utilizados para determinar a carga de trabalho presente no *shop-floor* na altura do lançamento. Os cartões

de operação acompanham o lote e servem para dar *feedback* acerca do estado de carga do sistema (Thurer et al., 2016).

Quando os pedidos são considerados para lançamento, estes são primeiro sequenciados de acordo com uma prioridade (por exemplo, classificação de acordo com a data de entrega mais próxima). Deste modo, o uso de cartões em COBACABANA é diferente do uso de cartões dos outros sistemas, pois representam a carga de trabalho de cada operação. Isto permite que o balanceamento de carga seja integrado à decisão de lançamento. Para considerar um pedido de lançamento, o planeador coloca o(s) seu(s) cartão (ões) de lançamento na área de cada estação no quadro de planeamento.

Posto isto, o planeador compara a carga de trabalho de cada estação com os limites de carga de trabalho predeterminados. Portanto, se para qualquer estação a carga de trabalho (representada pelos cartões de lançamento no quadro do planeamento) exceder esse limite, o pedido é retido na *pool* e os cartões de lançamento do pedido são removidos do quadro de planeamento. Caso contrário, os cartões de lançamento permanecem no quadro de planeamento, o planeador anexa os cartões de operação a um formulário de orientação do pedido que acompanha o pedido e este é lançado. Este processo de lançamentos continua até que todos os pedidos da *pool* tenham sido considerados para lançamento. O chão de fábrica devolve cada cartão de operação ao planeador assim que uma operação é concluída. Por fim, o ciclo de informações é fechado e é indicado ao planeador para remover o cartão de lançamento (Thurer et al., 2015). O sistema COBACABANA é ilustrado na seguinte figura (Figura 2.19).



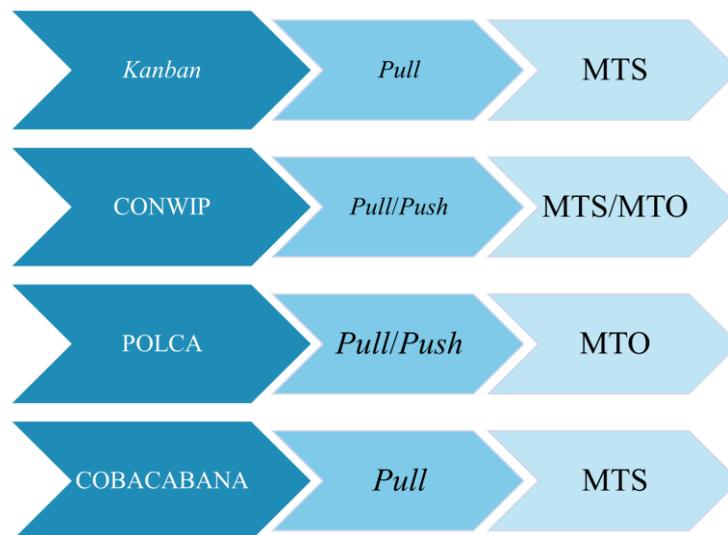
**Figura 2.19.** COBACABANA (Adaptado de Thurer et al., 2015).

#### 2.6.4 Comparação entre os sistemas referidos

Considerando os sistemas acima referidos, *Kanban*, CONWIP, POLCA e COBACABANA, pode-se afirmar que os quatro são baseados em cartões e que impõem limites ao WIP no chão de fábrica. De acordo com Harrod & Kanet (2013), cada um deles apresenta três níveis fundamentais de controlo do WIP:

- Controlo de WIP associado a um único centro de trabalho (*Kanban*);
- Controlo de WIP cumulativo em todo o chão de fábrica (CONWIP);
- Controlo de WIP associado a uma determinada rota entre dois centros de trabalho (POLCA);
- Controlo de WIP associado a uma função de lançamento entre estações (COBACABANA).

Deste modo, na seguinte figura está apresentada um quadro resumo da comparação entre estes sistemas (Figura 2.20).



**Figura 2.20.** Comparação entre os sistemas (Adaptado de Stevenson et al., 2005).

O sistema *Kanban* defende um sistema baseado em cartão que visa a redução de *stock* e tempos de fluxo, utilizando uma filosofia JIT (*pull*). Assim sendo, o sistema adapta-se melhor nos setores de produção para *stock* (MTS- *make-to-stock*), operando com baixas variabilidades de procura de produtos, tempos de processamento baixos e pouca variedade de produtos. Em contrapartida, o CONWIP apresenta maior aplicabilidade para a indústria MTO do que o *Kanban*, podendo também ser aplicado em ambientes MTS, além de MTO. Este sistema procura combinar elementos das estratégias *push* e *pull*, o que permite absorver a variação do conteúdo do trabalho entre produtos e trabalhos, lidando com a mudança de gargalos devido à variabilidade (Stump & Badurdeen, 2012). No sistema POLCA são utilizados cartões *pull/push*, que enfatizam a redução de *lead time*, de custos, de refugo e de retrabalho, operando com alta variedade de produtos, variabilidade nos tempos de processamento e alta variabilidade na procura. Por fim, o COBACABANA é um sistema *pull*, pois libera trabalho para o chão de fábrica apenas se houver capacidade disponível.

### 3. CASO DE ESTUDO

#### 3.1. Apresentação da empresa

##### 3.1.1. SRAM

A SRAM é uma empresa de referência na indústria de componentes para bicicletas, fundada em 1987 em Chicago, nos EUA, por três amigos criadores do sistema “*grip shift*”. Com este sistema, Scott, Ray e Sam revolucionaram a maneira como os ciclistas trocavam as mudanças, evitando que retirassem as mãos do guidador, como era comum através de uma alavanca no quadro. Deste modo, o nome da empresa refere-se a um acrónimo formado pelas letras dos nomes dos três fundadores- **S**cott, **R**ay e **S**am.

O grupo SRAM é um dos maiores fabricantes de componentes de bicicletas a nível mundial com presença física em 9 países, com mais de 20 localizações, empregando mais de 3000 colaboradores. A Figura 3.1 mostra a localização das várias fábricas e escritórios do grupo.

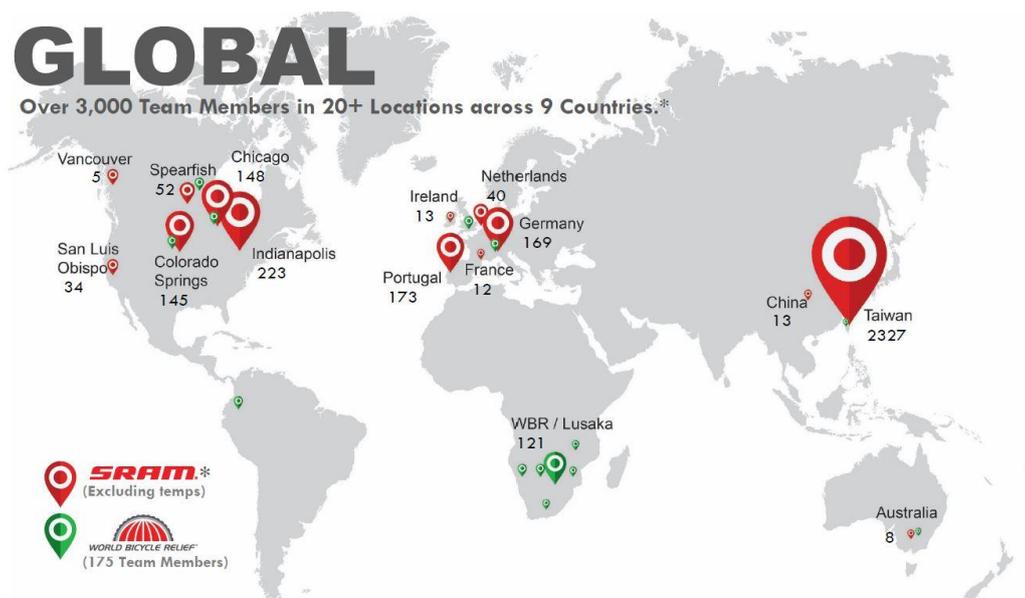


Figura 3.1. Localização das fábricas e escritórios da SRAM (SRAM, 2020).

O Grupo é constituído por seis marcas e dois projetos de carácter social e humanitário - *World Bicycle Relief* e *Cycling Fund*, que contribuem para a sua estratégia de crescimento e consolidação no mercado (Figura 3.2). A SRAM identifica como valores, o Compromisso, a Paixão, a Colaboração, a Integridade e a Inovação.



Figura 3.2. Marcas e Projetos SRAM (SRAM, 2020).

### 3.1.2. SRAMPORT

A SRAM Portugal (SRAMPORT) foi fundada em 1968 e designada por *Transmecca – Transmissões Mecânicas, Lda*. Inicialmente a empresa era detida pelo grupo *Peugeot* e pelo empresário português Armando Simões, detendo cada uma das partes 50%. Em 1980, o grupo *Peugeot* adquiriu a totalidade da empresa, ficando a deter 100% do capital. Mais tarde, em 1987, a empresa é vendida ao grupo *Fichtel & Sachs (Mannesmann)*. Dez anos mais tarde, a empresa SRAM obtém uma parte da empresa *Fichtel & Sachs* (segmento da bicicleta). Com esta aquisição, a empresa sediada na Pedrulha, em Coimbra passou a ser detida pelo grupo norte-americano e iniciou o processo de modificação do seu nome para SRAMPORT, executando-se em 2008. Na última década, a SRAM Portugal tem crescido de forma sustentável e competitiva diversificando os seus produtos e mercados. Este crescimento assenta numa estratégia de qualidade, gestão ambiental e retenção de talentos que visa o desenvolvimento e produção de produtos de excelência e superação das expectativas do cliente.

Atualmente, a SRAMPORT é a única unidade industrial do grupo que produz correntes de bicicleta, exportando anualmente mais de 5,7 milhões de metros para clientes incluindo outras fábricas do grupo. A organização em Portugal é a única fábrica na Europa, tendo como principais atividades a produção e montagem de correntes (Figura 3.3) e a montagem de cubos e rodas para bicicletas, com a produção a laborar a 3 turnos. No ano corrente, a SRAM adquiriu toda a gama de pedais de estrada e montanha, *cleats* e todas as patentes relacionadas da *TIME SPORT*, que estava desde 2016 sob controlo do grupo

*Rossignol*. Esta transação foi concluída no dia 18 de fevereiro de 2021, contudo a SRAM irá continuar com o nome *TIME* para todos os produtos relacionados com os pedais.



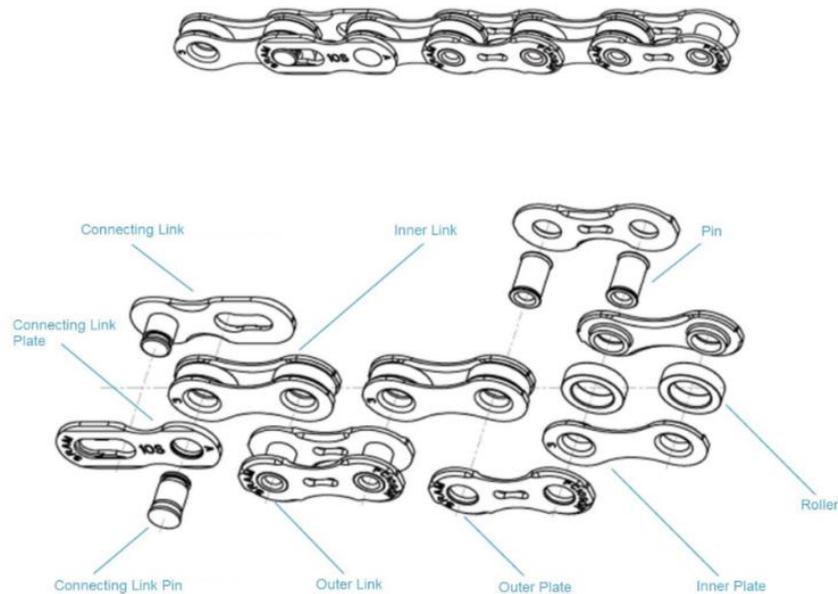
(a)



(b)

**Figura 3.3.** Exemplo de: (a) Placas exteriores; (b) Correntes *Eagle*.

A organização está estruturada de acordo com vários departamentos, tais como a Logística, a Manutenção, a Produção, a Qualidade, os Recursos humanos, entre outros. Relativamente às secções de produção, a SRAMPORT é constituída pela secção das peças soltas, secção de montagem de correntes e pela secção de montagem de cubos e rodas. Na primeira secção ocorre a produção de todas as peças necessárias para a segunda secção, a montagem dos diversos tipos de correntes. Nesta secção realiza-se a junção de todos os componentes necessários. Na secção das peças soltas, estas atravessam vários tipos de processos e tratamentos que alteram as suas características físicas e químicas. Na Figura 3.4 está representada o conjunto de componentes produzidos nesta secção, que constituem a corrente. A secção de montagem de cubos e rodas, os operadores realizam a montagem de cubos e a montagem de rodas.



**Figura 3.4.** Vista explodida da corrente SRAMPORT (Fonte: Documentação interna da SRAM).

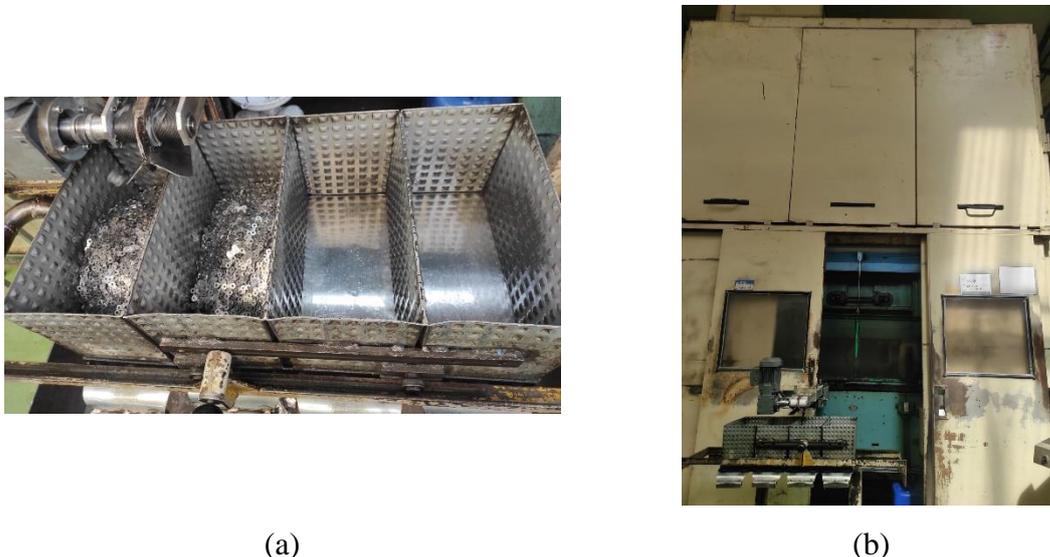
### 3.2. Fluxo de produção

O processo de fabrico de uma corrente tem início com a entrega semanal da matéria-prima (MP), o aço. Este aço pode ser aço laminado e trefilado, dependendo do tipo de componente que é produzido. Para as placas exteriores e interiores é utilizado o aço laminado, sendo a MP principal usada no fabrico da corrente. Este aço está à consignação, ou seja, todo o *stock* (Figura 3.5) pertence aos fornecedores e apenas é faturado aquando da sua utilização no processo. Para os eixos é consumido aço trefilado.



**Figura 3.5.** Stock de aço laminado.

O processo seguinte é o corte e furação das placas (DPE) e dos eixos (CIS) (Figura 3.6). As placas são produzidas através do corte por estampagem nas prensas mecânicas, que utilizam ferramentas progressivas usando os rolos de fita de aço. Os eixos são cortados nas cisalhas rotativas. Os rolos são fornecidos com a geometria final, tendo apenas de ser rebarbados e tratados termicamente nas instalações da SRAMPORT. Nesta operação, a ferramenta SMED é utilizada para a diminuição de tempos de *setup*. Neste momento, a empresa possui 6 prensas, que cortam diferentes peças e existe uma nova prensa a ser introduzida.



(a)

(b)

**Figura 3.6.** DPE: (a) Peças produzidas (b) Prensa PM2.

Após o processo de corte, as peças sofrem um processo de tratamento de superfície, a rebarbagem com água e abrasivos designando-se de “bariagem”. Neste processo são eliminadas todas as rebarbas e óxidos existentes que se acumulam na superfície e retirados resíduos de óleos provenientes do processo anterior, o corte nas prensas. Este processo pode ocorrer em lugares distintos, na BAR ou na EBS. A secção denominada de EBS (Figura 3.7) tem um processo mais automático e menos demorado enquanto a BAR necessita da intervenção do operador com maior frequência por ser um processo mais manual, com ciclos de trabalho também mais longos. Algumas peças não podem ser lavadas na EBS, pois possuem uma espessura muito fina e, por isso, serão tratadas na BAR.



(a)



(b)

**Figura 3.7.** (a) EBS/EBS FINAL (b) Peças “bariadas”.

Posteriormente à operação de “bariagem” inicial, as peças seguem para a secção de Tratamento Térmico (CTC) (Figura 3.15). Neste processo aplicam-se tratamentos como a têmpera, a cementação e o revenido em fornos, conferindo às peças propriedades de dureza e tenacidade apropriadas para resistirem melhor ao desgaste a que estarão submetidas durante a sua utilização.



**Figura 3.8.** Fornos CTC.

Depois destes tratamentos, as peças são novamente lavadas na BAR/EBS FINAL, de forma a remover toda a sujidade derivada de todo o processo, assim como eliminar os óxidos existentes, que concedem às peças diferentes colorações, resultantes dos tratamentos térmicos.

A próxima operação e última na secção das peças soltas é a Niquelagem (NIQ) (Figura 3.9), onde se executa o tratamento de superfície das peças. Algumas referências de placas exteriores e interiores não se deslocam a esta operação, transportando-se diretamente para o armazém que abastece a secção de montagem. Neste tratamento de superfície, as peças são submersas num eletrólito que contém níquel, atribuindo-lhes elevada resistência e um brilho elevado, característico de correntes de gama alta.



(a)



(b)

**Figura 3.9.** (a) Secção da Niquelagem (b) Peças no tratamento de superfície.

Os contentores aguardam no armazém 2, até serem consumidos pela secção de montagem diariamente, respeitando o *First In First Out* (FIFO). Todos os contentores que não são completamente utilizados são colocados no armazém 21 onde aguardam até serem totalmente usados (Figura 3.10).



**Figura 3.10.** Armazém 2 e 21.

A empresa SRAMPORT utiliza o *Kanban* como sistema de controlo na secção das peças soltas. Este sistema interliga duas secções, a secção de montagem de correntes e a secção das peças soltas, associando a procura do cliente com o fluxo de materiais. Deste modo, quando o cartão é consumido na secção de montagem de correntes é devolvido ao quadro *Kanban* como uma ordem de fabrico na primeira operação, as prensas (DPE). A Figura 3.11 e a Figura 3.12 apresentam um exemplo de um cartão *Kanban* utilizado na SRAMPORT e o quadro *Kanban* que neste momento, está em vigor no chão de fábrica, respetivamente.

É de notar, que a empresa SRAMPORT adotou a ferramenta *lean 5S*, para que todas as secções e departamentos disponham de ambientes de trabalho organizados, funcionais, limpos e seguros.



(a)

(b)

**Figura 3.11.** Cartão *Kanban* da SRAMPORT: (a) Parte frontal; (b) Parte traseira.



**Figura 3.12.** Quadro *Kanban* da SRAMPORT.

Na Figura 3.11, é possível observar algumas informações que devem ser escritas no cartão *Kanban*, como o peso, a qualidade e o lote do aço. Na parte traseira do cartão estão as várias operações pelas quais cada peça passa. Estas informações são preenchidas pelo

operador em cada operação. Na Figura 3.12, verifica-se que o quadro *Kanban* possui em cada coluna um símbolo que tem de ser igual ao símbolo apresentado no cartão *Kanban*. Estes símbolos servem para que cada operador saiba onde colocar cada cartão *Kanban*, pois cada coluna no quadro representa uma prensa diferente. Exemplificando, para a prensa PM2, o símbolo correspondente é um losango como se pode perceber pela figura 3.11. a.

### 3.3. Elaboração do VSM do estado atual

A SRAMPORT aplica no seu dia-a-dia diversas ferramentas *lean*, esforçando-se sempre para melhorar os processos para reduzir cada vez mais os desperdícios. Com o objetivo de compreender como funciona o fluxo de informação e o de material, decidiu-se que seria uma mais valia mapear o fluxo de valor, para identificar os possíveis desperdícios e, conseqüentemente melhorar a cadeia de valor. O VSM envolve um conjunto de passos, já descritos anteriormente, que serão apresentados de seguida, para o caso concreto da SRAMPORT.

#### 3.3.1. Seleção da família de produtos

No âmbito deste trabalho, foi selecionada uma prensa, tendo em conta dois fatores, ser uma das prensas com menor OEE e uma das que dispunha de maior variedade de peças.

##### 3.3.1.1. OEE

Para a empresa, o cálculo do OEE é baseado no produto de três fatores, a disponibilidade, a qualidade e a velocidade. A seguir, são apresentadas as expressões referentes a cada fator e o cálculo para cada prensa (Figura 3.13).

- **Disponibilidade (D):**

$$D = \frac{\text{Tempo de funcionamento}}{\text{Tempo de abertura}} = \frac{\text{Tempo de abertura} - \text{Paragens}}{\text{Tempo de abertura}} \quad (3.1)$$

- **Qualidade ( $Q_1$ ):**

$$Q_1 = \frac{\text{Produção OK}}{\text{Produção total}} = \frac{\text{Produção OK}}{\text{Produção OK} + \text{Produção NOK}} \quad (3.2)$$

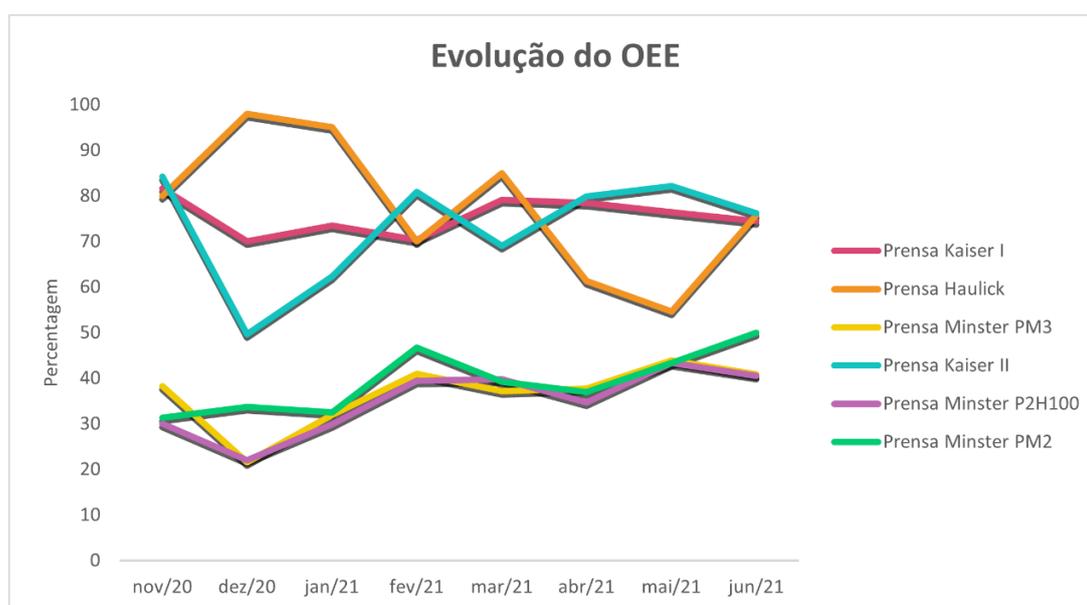
- **Velocidade (V):**

$$V = \frac{\text{Produção total} \times \text{Ciclo Padrão}}{\text{Tempo de funcionamento}} \quad (3.3)$$

ID Equipamento	Descrição	Disponibilidade	Qualidade	Velocidade	OEE
1003028	Prensa Kaiser I	87.6 %	99.1 %	88.1 %	76.5 %
1000382	Prensa Haulick	96.2 %	98.5 %	63.4 %	60.0 %
1000092	Prensa Minster PM3	78.9 %	98.5 %	56.5 %	43.9 %
1003278	Prensa Kaiser II	85.9 %	99.2 %	96.5 %	82.2 %
1000132	Prensa Minster P2H100	78.1 %	99.0 %	56.0 %	43.4 %
1000124	Prensa Minster PM2	74.8 %	96.7 %	59.8 %	43.3 %

**Figura 3.13.** OEE de cada prensa para o mês de março (Fonte: Plataforma interna SRAMPORT).

De acordo com a figura anterior, é possível observar que as prensas com menor OEE são: a Prensa *Minster* PM2, a Prensa *Minster* P2H100 e a Prensa *Minster* PM3. Na Figura 3.14 está representado a evolução do OEE desde novembro de 2020 até junho de 2021. Com esta imagem é possível confirmar o que foi referido anteriormente, isto é, torna-se evidente as prensas com menor OEE.



**Figura 3.14.** OEE de todas as prensas durante alguns meses.

Segundo a Figura 3.14 é possível dividir as prensas em dois grupos, as prensas com maior OEE e as prensas com menor. Isto acontece, pois, as prensas *Kaiser I*, *Kaiser II* e *Haulick* apresentam uma maior produtividade pois, produzem as peças com maior número de encomendas. Para tal, os operadores dedicam mais o seu tempo a essas, o que se reflete em menos paragens e, conseqüentemente, o fator de velocidade é superior como é possível observar na Figura 3.13, conduzindo a um maior OEE.

### **3.3.1.2. Variedade de peças**

A prensa escolhida foi a PM2, visto que apresenta um menor OEE, do mesmo modo que é uma das prensas com maior variedade de produtos, apresentando 10 placas exteriores de 8,9 e 10 velocidades (400 31, 400 35, 400 47, 400 48, 400 49, 400 73, 400 75, 400 76, 400 77, 400 88).

Após a escolha da prensa, procedeu-se à divisão dos 10 produtos existentes na PM2 em duas famílias, de acordo com o seu processo produtivo:

- Grupo 1 – 400 31, 400 35, 400 47, 400 48, 400 49
- Grupo 2 – 400 73, 400 75, 400 76, 400 77, 400 88

Deste modo, é necessário a realização de dois mapas do estado atual da prensa PM2.

### **3.3.2. Desenho do mapa do estado atual**

Posteriormente à seleção da prensa, o passo seguinte é o desenho do estado atual do fluxo de valor. Para tal, foram realizadas várias visitas à fábrica a todas as operações associadas à produção das peças em estudo, de modo a facilitar a recolha de dados. Além disso, a colaboração de vários departamentos também foi imprescindível para a concretização dos mapas.

Inicialmente, recolheu-se alguns dados relativos aos tempos das operações e aos tempos de espera. Dada a impossibilidade de acompanhar um lote desde o início até ao fim, foi necessário realizar uma folha de registo (Apêndice I). Esta folha foi colocada na primeira operação (DPE), acompanhando sempre o lote e sendo preenchida pelos operadores à medida que o lote avançava no processo produtivo, conforme se pode verificar na Figura 3.15. Este registo foi realizado no mês de março.

OPERAÇÃO	Início		Fim		OPERADOR
	hh:mm	Data	hh:mm	Data	
1º DPE	03:48	4-3-21	8:30	4/3/21	
2º EBS	10:50	4-3-2021	12:35	4-3-2021	
3º C.T.C	9:15	5-3-21	12:10	5-3-21	
4º EBS	13:15	5-3-21	14:50	5-3-21	
5º					
6º					

**Figura 3.15.** Exemplo da folha de registo de uma peça.

Os dados recolhidos foram tratados e analisados numa folha Excel, de modo a facilitar os cálculos. Assumiu-se no máximo 10 folhas de registo de cada peça, sendo que no mês de março houve peças com mais ou menos produção. Assim sendo, realizou-se a média dessas 10 vezes para cada peça, sempre que possível (Figura 3.16). Como cada mapa dispõe de 5 produtos, ainda foi calculada a sua média (Figura 3.17). Contudo, houve algumas peças (400 73, 400 75, 400 88) que não foram produzidas no mês em estudo, por isso considerou-se apenas a média das peças restantes do grupo 2 (400 76, 400 77).

400 47 Placa exterior PC830						
Operação	Tempo de operação			Tempo de espera	Minutos	
	Tabelado	Real	Minutos			
1º DPE	04:24:00	4:53:00	293	2:30:42	150	
2º EBS	01:20:00	1:45:00	105	9:32:30	572	
3º CTC	02:12:00	2:42:00	162	9:10:30	550	
4º EBS FINAL	02:05:00	1:55:30	115	-		

**Figura 3.16.** Tempo de operação e de espera da peça 400 47.

De acordo com a figura anterior, é possível verificar que a empresa dispõe de tempos de operação tabelados, que não diferem muito dos tempos recolhidos. Ainda assim, a SRAMPOR não contabiliza os tempos de espera entre operações, demonstrando-se assim, a relevância das folhas de registo.

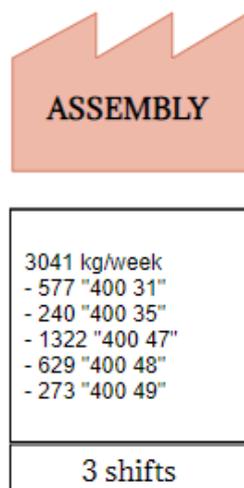
Média dos tempos de operação			
DPE	BAR/EBS	CTC	BAR FINAL/EBS FINAL
4:36:21	1:41:55	2:40:44	1:58:58
4,6 horas	1,7 horas	2,7 horas	2 horas

Média dos tempos de espera		
DPE	BAR/EBS	CTC
7:36:40	26:23:00	13:46:16
7,6 horas	1,1 dias	13,8 horas

**Figura 3.17.** Média dos tempos de operação e de espera do grupo 1.

Em seguida, iniciou-se o desenho do mapa do estado atual, utilizando lápis e uma folha branca, de acordo com o que vários autores defendem. No entanto, a primeira etapa a ser representada é o consumidor final (Figura 3.18), elaborando o VSM do fim para o início. Desta forma, o cliente final dos produtos selecionados refere-se à secção de montagem, considerada pela empresa um “cliente interno”.



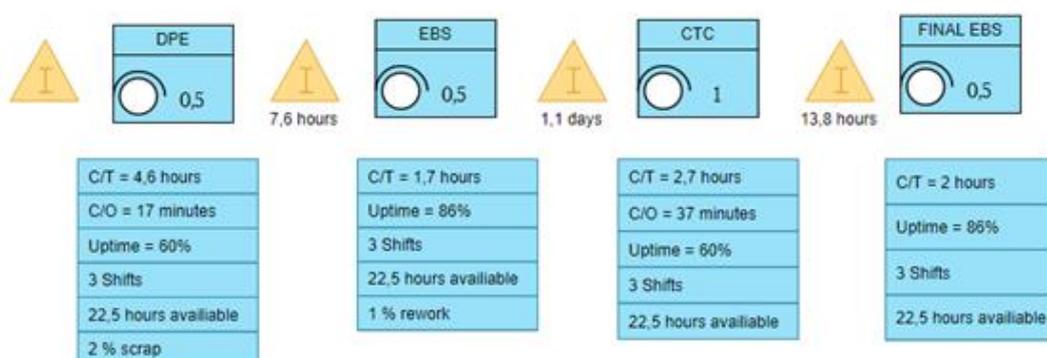
**Figura 3.18.** Primeira etapa do mapa do estado atual mostrando o cliente.

A próxima etapa corresponde ao desenho dos processos básicos de produção, que representam o fluxo de material (Figura 3.19). Para tal, utiliza-se caixas de processo para se indicar um processo. Deste modo, estas caixas foram desenhadas na metade inferior do mapa, da esquerda para a direita e pela ordem dos processos, não obedecendo ao *layout* da fábrica. Assim sendo, a SRAMPORT apresenta 4 processos para o grupo 1 (sendo retirada

a última operação visto que a quantidade de lotes que se deslocam à NIQ é mínima) e 5 processos para o grupo 2, que ocorrem da seguinte ordem:

- Grupo 1 – DPE; EBS; CTC; EBS FINAL
- Grupo 2 – DPE; EBS; CTC; EBS FINAL; NIQ

Após esta etapa, é necessário colocar uma caixa de dados por baixo de cada caixa de processo com algumas informações referentes a cada operação, tais como o tempo de ciclo (C/T), o tempo de *setup* (C/O), o *uptime*, o número de turnos, tempo disponível, percentagem de sucata e de retrabalho. O tempo de ciclo foi calculado com o auxílio das folhas de registo, como referido anteriormente. O tempo de *setup* calculou-se apenas em duas operações, visto que nas restantes este é desprezável. As duas operações que apresentam este tempo é na prensa (DPE) e nos fornos (CTC). Para a prensa recolheu-se a sequência de peças produzidas e atribui-se os tempos de *setup* tabelados, de forma a realizar-se a média num determinado período de tempo. No CTC resolveu-se de outra forma, isto é, primeiro recolheu-se o tempo de saída e de entrada das últimas e primeiras peças respetivamente e, de seguida, calculou-se a diferença entre ambos. Estes dois parâmetros podem ser visualizados com maior pormenor no Apêndice II. Para a percentagem de sucata e retrabalho foram realizados alguns cálculos apresentados no Apêndice III. Por fim, para o número de turnos, tempo disponível e *uptime*, estes foram visualizados ao longo das visitas ao chão de fábrica e discutidos com alguns colaboradores.



**Figura 3.19.** Processos básicos de produção.

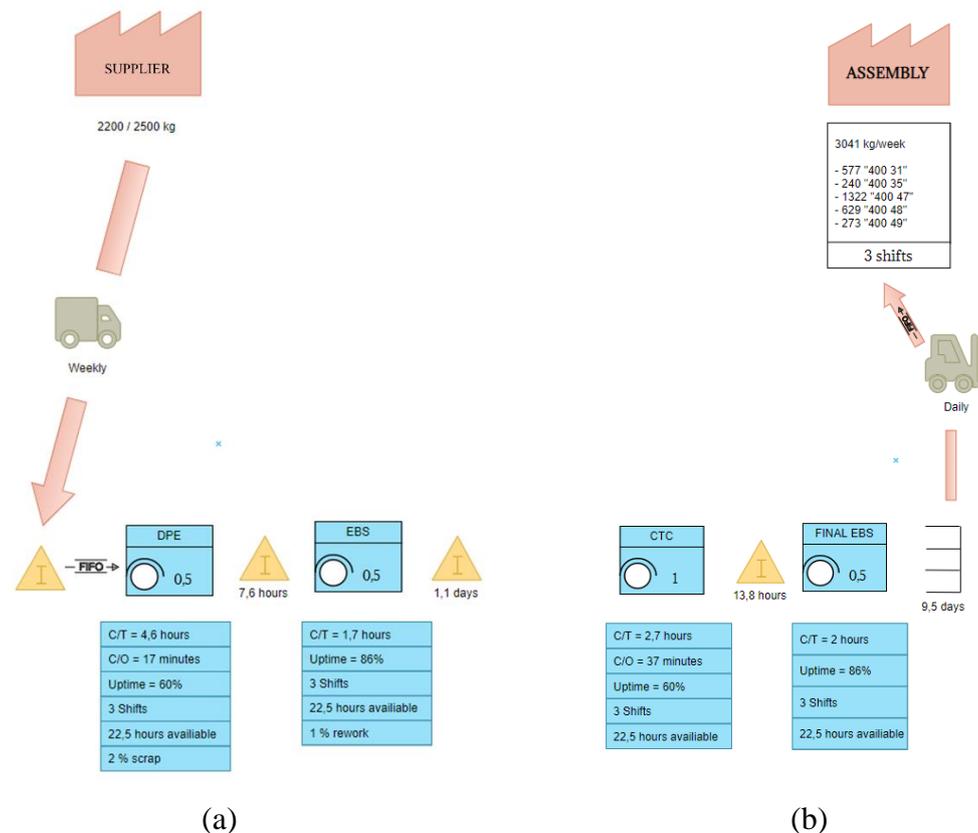
Como é possível observar, ainda foi desenhado o *stock* intermédio entre as operações, representados por triângulos e identificados com o tempo de espera calculado e

demonstrado anteriormente. Além disto, foi apresentado o *stock* de MP, mas uma vez que se encontra à consignação como referido anteriormente, não foi referido o tempo nem a quantidade em espera. Para além disso, desenhou-se também o armazém representado por um supermercado e o seu tempo de espera realizando-se alguns cálculos (Apêndice IV), sendo reduzidos a média dos produtos de cada grupo (Figura 3.20).

Tempo de espera médio no armazém - Grupo 1 (dias)
7,9
Tempo de espera médio no armazém - Grupo 2 (dias)
9,5

**Figura 3.20.** Tempos de espera no armazém 2.

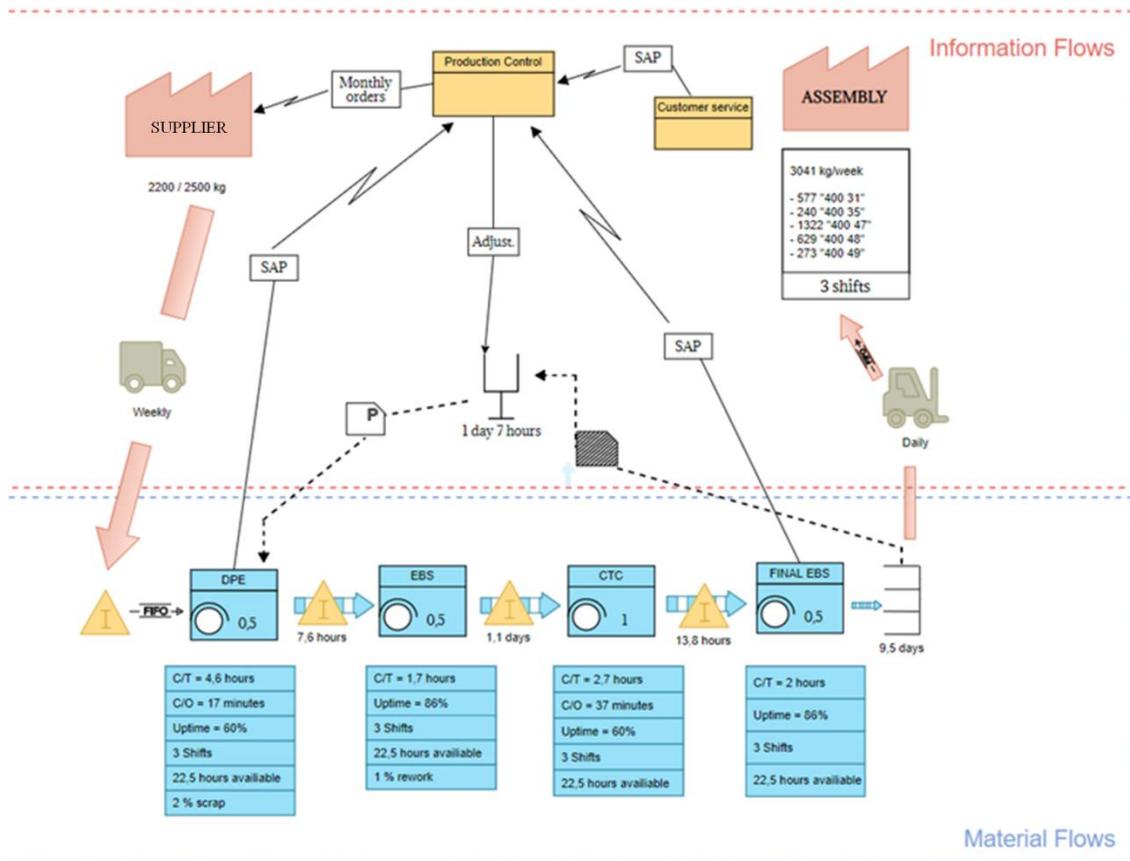
De seguida, é representado o fornecedor SRAMPORT para as peças em questão, juntamente com a capacidade de MP mínima que transporta e também como e quando são transportadas. Além disso, também é desenhada como e quando os produtos acabados são transportados (Figura 3.21).



**Figura 3.21.** Transporte de: (a) MP; (b) Produtos acabados.

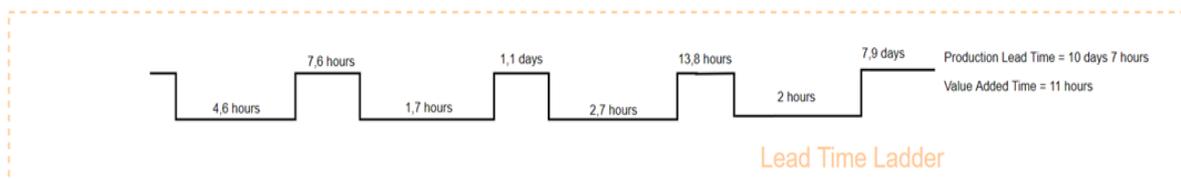
O transporte de MP é feito através de camiões semanalmente, enquanto os produtos acabados é através de empilhadores para o armazém. Mais tarde são recolhidos e entregues na secção de montagem para a junção dos componentes que formam a corrente, de acordo com o FIFO. Seguidamente, foi desenhada o sistema *Kanban*, utilizando símbolos que representam o quadro *Kanban* e os respetivos cartões. Ainda se calculou o tempo que os cartões se encontravam no quadro (Apêndice V), com o auxílio das folhas de registo.

A próxima etapa será o mapeamento do fluxo de informação que será elaborado da direita para a esquerda na metade superior do mapa, usando setas e ícones (Figura 3.22). Nesta fase foi necessário uma vez mais a ajuda dos colaboradores, em especial do departamento de planeamento, para o desenho deste fluxo.



**Figura 3.22.** Mapa do estado atual com o fluxo de informações e de material.

Por fim, foi inserida no mapa uma linha de tempo sob as caixas de processos para indicar o *lead time* de produção (*Production lead time*) e o tempo de valor agregado (*Value-added time*), denominando -se de *Lead time ladder* conforme mostra a Figura 3.23.



**Figura 3.23.** Linha de tempo.

No Apêndice VI estão apresentados os dois mapas do estado atual referindo-se às peças do grupo 1 e 2.

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Durante a concretização do mapa VSM do estado atual e a visita “porta-a-porta” à fábrica e a alguns departamentos foram identificados vários desperdícios e ineficiências do fluxo produtivo, dos quais se destacam:

- Quantidades elevadas de *stock* intermédio (WIP), o que se reflete num *lead time* de aproximadamente 11 dias;
- Não cumprimento do FIFO no quadro *Kanban*, existindo ajustes realizados por um responsável para diminuição dos tempos de *setup* e para estar de acordo com os requisitos do cliente interno;
- Divisão inadequada do quadro *Kanban*.

Posto isto, reconheceu-se a necessidade de se realizar uma análise mais aprofundada ao dimensionamento do sistema *Kanban*.

### 4.1. Dimensionamento do sistema *Kanban*

Inicialmente, foi necessário recolher alguns dados para o cálculo do número de cartões *Kanban*, tais como os consumos médios e o *lead time* de cada referência. Para o cálculo dos consumos médios, a empresa dispõe de um registo semanal em metros de correntes (Anexo B), necessitando-se de converter as mesmas para quilos (Figura 4.1). Esta conversão baseia-se na seguinte equação, usando informação de um documento disponibilizado pela empresa:

$$\text{Consumo médio (kg)} = \frac{\text{Consumo médio (metros)} \times \text{Peso por 1000 metros de corrente (kg)}}{1000} \quad (4.1)$$

		Consumo médio diário (kg)	Consumo médio semanal (kg)
PEÇAS	400 47	264,33	1321,63
	400 48	125,84	629,20
	400 49	54,67	273,33
	400 31	115,34	576,70
	400 35	48,03	240,14
	400 73	3,58	17,91
	400 75	12,87	64,34
	400 76	53,05	265,25
	400 77	76,99	384,96
	400 88	7,64	38,18

Figura 4.1. Consumos médios por referência.

Para o cálculo do *lead time* de cada referência foram utilizados dados referidos no capítulo anterior para a concretização do VSM, conforme ilustrado na seguinte figura (Figura 4.2).

PLACAS EXTERIORES - PRENSA PM2										
OPERAÇÕES	Pl.									
	Exterior (400 47)	Exterior (400 48)	Exterior (400 49)	Exterior (400 31)	Exterior (400 35)	Exterior (400 73)	Exterior (400 75)	Exterior (400 76)	Exterior (400 77)	Exterior (400 88)
Tempo espera prensa	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870
Setup prensa	13	22	30	13	25	50	46	25	20	60
Tempo prensa	293	290	274	262	261	303	303	310	296	303
Tempo espera antes BAR	150	207	293	462	1625	209	209	121	86	209
Tempo 1ª Bar	105	103	102	103	95	104	104	105	103	104
Tempo espera forno	572	1076	631	3747	3470	199	199	295	235	199
Setup forno	31	35	41	30	49	55	77	40	52	80
Tempo de tratamento térmico	162	177	182	172	167	195	195	200	191	195
Tempo de espera 2ª Bar	550	1058	832	1177	512	1224	1224	2256	591	1224
Tempo 2ª Bar/polimento	115	123	125	120	110	161	161	200	123	161
Tempo Espera Niquelagem			885		701	1195	1195	2267	500	1195
Niquelagem			654		661	751	751	765	738	751
<b>TOTAL (minutos)</b>	<b>3861</b>	<b>4961</b>	<b>5919</b>	<b>7956</b>	<b>9546</b>	<b>6316</b>	<b>6334</b>	<b>8454</b>	<b>4805</b>	<b>6351</b>
<b>TOTAL (horas)</b>	<b>64,35</b>	<b>82,68</b>	<b>98,65</b>	<b>132,60</b>	<b>159,10</b>	<b>105,27</b>	<b>105,57</b>	<b>140,90</b>	<b>80,08</b>	<b>105,85</b>
<b>TOTAL (dias)</b>	<b>2,68</b>	<b>3,45</b>	<b>4,11</b>	<b>5,53</b>	<b>6,63</b>	<b>4,39</b>	<b>4,40</b>	<b>5,87</b>	<b>3,34</b>	<b>4,41</b>
<b>TOTAL (semanas)</b>	<b>0,54</b>	<b>0,69</b>	<b>0,82</b>	<b>1,11</b>	<b>1,33</b>	<b>0,88</b>	<b>0,88</b>	<b>1,17</b>	<b>0,67</b>	<b>0,88</b>

Figura 4.2. *Lead time* de todas as peças da PM2.

De seguida, foram exploradas as fórmulas referentes ao cálculo do número de cartões *Kanban* utilizadas pela empresa em 2018 e 2019 (Apêndice VII). É de notar que, em 2018 usou-se o consumo médio e o *lead time* em dias e em 2019 converteu-se esses valores para semanas. Então, com a aplicação das fórmulas referidas e utilizando os dados recolhidos das referências da PM2, foi possível determinar o número de cartões *Kanban* (Figura 4.3).

- A fórmula de 2018 para determinar o número total de cartões,  $K_1$ , é dada por:

$$K_1 = \frac{[\text{Consumo médio} \times (\text{lead time} + 0,25 \text{ lead time} + 1,25 \text{ EPE})] + [\text{desvio padrão} \times (\text{lead time} + \text{EPE})]}{\text{Dimensão lote}} \quad (4.2)$$

- A fórmula de 2019 para determinar o número total de cartões,  $K_2$ , é dada por:

$$K_2 = \frac{[\text{Consumo médio} \times (\text{lead time} + 0,25 \text{ lead time} + \text{EPE})] + [\text{desvio padrão} \times (\text{lead time} + \text{EPE})]}{\text{Dimensão lote}} \quad (4.3)$$

	2018	2019	Em circulação
400 31	8	8	5
400 35	5	5	4
400 47	10	9	6
400 48	7	6	3
400 49	4	4	3
400 73	2	2	2
400 75	2	2	2
400 76	5	6	4
400 77	4	6	5
400 88	2	2	2

**Figura 4.3.** Número de cartões *Kanban*.

Com a visualização da figura anterior, verifica-se uma inconformidade entre o número de cartões calculados através das fórmulas e os cartões em circulação. Isto acontece porque atualmente, a SRAMPOR não está a fazer uma revisão frequente a este cálculo, pois as fórmulas anteriores possuem parâmetros, no qual é necessária uma recolha prévia e regular. Assim sendo, torna-se inexecutável devido ao tempo que é necessário despendido em comparação com o tempo disponível dos colaboradores. Contudo, a empresa realiza um planeamento com alguma frequência, tendo em conta as necessidades e o *lead time* de cada

referência. Para isso, recorre ao sistema integrado de gestão empresarial (SAP), onde é fornecido informações sobre esses fatores.

Assim sendo, evidencia-se o facto do dimensionamento do sistema *Kanban* não estar a ser o mais adequado e do sistema não seguir o conceito do *Kanban* puro, uma vez que foi a forma encontrada pela empresa para se adaptar de acordo com as alterações das necessidades da mesma.

Para além disso e de forma a compreender melhor o *stock* de segurança utilizado pela empresa, decidiu-se utilizar a fórmula geral do dimensionamento do sistema *Kanban* referida no capítulo 2 utilizando os dados recolhidos apresentados anteriormente.

## 4.2. Cálculo dos *stocks* de segurança

A fórmula geral do cálculo do número total de cartões *Kanban* relaciona o *lead time*, o consumo médio, o *stock* de segurança e a capacidade do lote, como abordado anteriormente.

Assim, substituiu-se o número total de cartões de 2018, 2019 calculados anteriormente e os que estavam em circulação e determinou-se o *stock* de segurança para cada referência (Figura 4.4 e Figura 4.5), utilizando a seguinte fórmula:

$$\alpha = \left( \frac{K \times C}{DD \times L} \right) - 1. \quad (4.4)$$

2018						2019					
Cartão Kanban	Dimensão Lote	Consumo médio diário (kg)	Lead time (dias)	Nº cartões Kanban	Fator de segurança	Cartão Kanban	Dimensão Lote	Consumo médio semanal (kg)	Le ad time (semanas)	Nº cartões Kanban	Fator de segurança
400 31	250	115,34	5,53	8	2,14	400 31	250	576,70	1,11	8	2,12
400 35	250	48,03	6,63	5	2,93	400 35	250	240,14	1,33	5	2,91
400 47	250	264,33	2,68	8	1,82	400 47	250	1321,63	0,54	7	2,15
400 48	250	125,84	3,45	6	2,46	400 48	250	629,20	0,69	5	2,46
400 49	250	54,67	4,11	4	3,45	400 49	250	273,33	0,82	4	3,46
400 73	250	3,58	4,39	2	30,80	400 73	250	17,91	0,88	2	30,72
400 75	250	12,87	4,40	2	7,83	400 75	250	64,34	0,88	2	7,83
400 76	250	53,05	5,87	5	3,01	400 76	250	265,25	1,17	5	3,83
400 77	250	76,99	3,34	4	2,89	400 77	250	384,96	0,67	5	4,82
400 88	250	7,64	4,41	2	13,85	400 88	250	38,18	0,88	2	13,88

(a)

(b)

Figura 4.4. *Stock* de segurança: (a) em 2018; (b) em 2019.

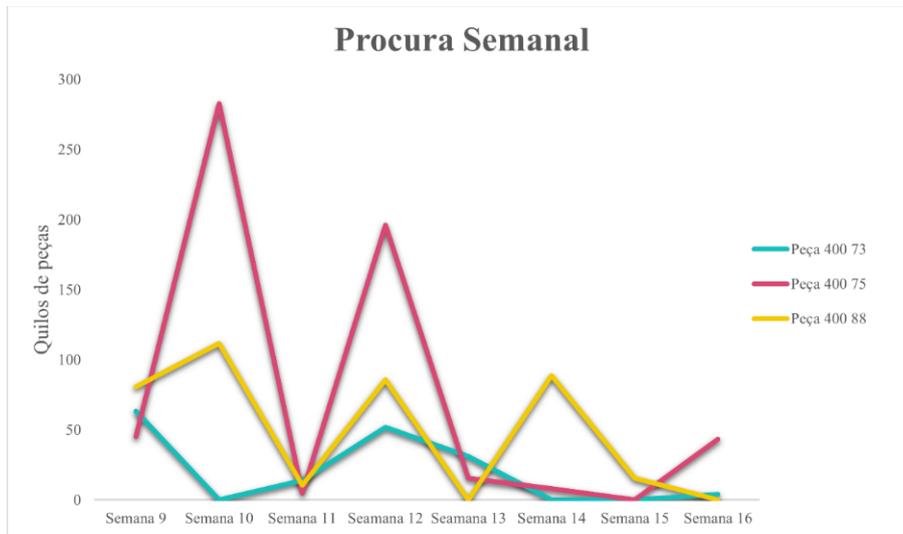
Analisando a Figura 4.4, é possível comprovar que, utilizando o número total de cartões referentes às fórmulas de 2018 e 2019, o fator de segurança que a SRAMPORT considera é elevado, destacando-se as referências 400 73, 400 75 e 400 88.

<b>Cartões em circulação no presente</b>					
<b>Cartão Kanban</b>	<b>Dimensão Lote</b>	<b>Consumo médio diário (kg)</b>	<b>Lead time (dias)</b>	<b>Nº cartões Kanban</b>	<b>Fator de segurança</b>
<b>400 31</b>	250	115,34	5,53	5	<b>0,96</b>
<b>400 35</b>	250	48,03	6,63	4	<b>2,14</b>
<b>400 47</b>	250	264,33	2,68	6	<b>1,12</b>
<b>400 48</b>	250	125,84	3,45	3	<b>0,73</b>
<b>400 49</b>	250	54,67	4,11	3	<b>2,34</b>
<b>400 73</b>	250	3,58	4,39	2	<b>30,80</b>
<b>400 75</b>	250	12,87	4,40	2	<b>7,83</b>
<b>400 76</b>	250	53,05	5,87	4	<b>2,21</b>
<b>400 77</b>	250	76,99	3,34	5	<b>3,86</b>
<b>400 88</b>	250	7,64	4,41	2	<b>13,85</b>

**Figura 4.5.** *Stock* de segurança com o número de cartões a circular no momento.

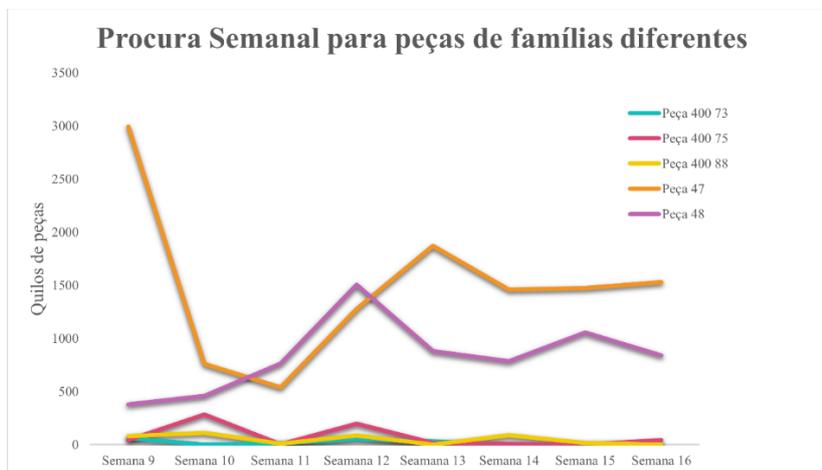
Com a utilização do número de cartões *Kanban* em circulação no momento pela empresa, o *stock* de segurança diminui consideravelmente em algumas referências comparativamente à figura anterior, porém mantêm-se bastante elevado.

Deste modo, depreende-se que a utilização de um *stock* de segurança tão elevado seja por existirem tamanhos de lotes inadequados para algumas peças, bem como a utilização de um sistema de controlo não apropriado a variações de procura que a SRAMPORT se defronta como se pode verificar no Anexo B e na figura seguinte (Figura 4.6).



**Figura 4.6.** Variação da procura para as peças com maior *stock* de segurança.

Na figura 4.6 está representada as peças com maior *stock* de segurança (400 73, 400 75 e 400 88) como referido anteriormente, sendo possível verificar que as peças possuem uma elevada variabilidade da procura. Por outro lado, também se confirma que a dimensão do lote definido pela empresa para todas as peças não é adequada para estes casos, uma vez que são peças pouco fabricadas relativamente a outras (Figura 4.7). Consequentemente, os lotes de 250 quilos para estas peças resultam em *stock* por tempo indeterminado no armazém 21, visto que só se produzem conforme os metros de encomendas por semana. Este armazém contém todos os contentores que aguardam até serem totalmente usados, como referido anteriormente.



**Figura 4.7.** Comparação entre peças com diferentes procuras na PM2.

### 4.3. Reorganização do quadro *Kanban*

Simultaneamente à análise abordada anteriormente, também foi executada uma tentativa de reorganização do quadro *Kanban*.

O quadro *Kanban* da SRAMPOR é dividido por prensas, ou seja, cada coluna representa uma prensa onde são colocadas várias famílias de produtos. Posto isto, se fosse seguido uma estratégia FIFO os tempos de *setup* aumentariam consideravelmente, pois iriam existir mudanças constantes entre as famílias de peças. Isto significa que é necessário existirem ajustes na sequência de cartões para diminuir esses tempos.

Deste modo, foi elaborado um guia (Apêndice VIII) para possível divisão em mais colunas. Neste guia, a coluna referente à prensa PM2 foi dividida em 3 colunas representando 3 famílias de produtos:

- 1ª coluna – 400 31 e 400 35;
- 2ª coluna – 400 47, 400 48 e 400 49;
- 3ª coluna – 400 73, 400 75, 400 76, 400 77 e 400 88.

Esta divisão foi com base nos tempos de *setup*. É de notar, que também foi imposto um limite a cada família tendo em consideração a sequência realizada na DPE (Anexo C) após os ajustes executados. Este limite significa que quando é atingido, indica aos operadores que têm que alterar a produção para a família de peças em questão.

O protótipo foi desenvolvido com apoio do departamento da manutenção e melhoria contínua para possíveis experiências (Figura 4.8). Contudo, o teste não foi sucedido com sucesso, visto que iria resultar em *stock* desnecessário e possível falta de material noutras referências. Isto porque, na secção de montagem (considerado como o cliente interno), as linhas não executam sempre os mesmos produtos, ou seja, existe oscilação na maneira como as peças são consumidas. Deste modo, como a prensa PM2 abastece duas linhas na secção de montagem, existem peças que não são produzidas numa determinada semana. Por exemplo, imaginando que na prensa estão a ser produzidas as peças da família da 2ª coluna, entretanto o limite da 3ª coluna é atingido e como tal os operadores terão de mudar de ordem de fabrico. Porém, por vezes, isto não pode acontecer, visto que na secção de montagem estão a ser consumidas peças da 1ª e 2ª colunas e por isso não serão necessárias as peças da 3ª coluna.



**Figura 4.8.** Protótipo do quadro *Kanban* com respetiva identificação de cada família.

#### **4.4. Discussão de resultados**

Apesar das vantagens e benefícios que o sistema *Kanban* dispõe e da eficácia para controlar as tarefas e fluxos numa organização, em certos ambientes este não corresponde ao sistema mais aconselhável. O *Kanban* foi projetado para situações de produção para *stock*, portanto a sua utilização em empresas com produção sob encomenda não é a mais adequada. Além disso, não se adapta às variabilidades da procura e dos tempos de processamento que são comuns em MTO. Isto porque, resulta num excessivo número de cartões no sistema em períodos de baixa procura ou num número insuficiente em períodos de elevada procura, levando a roturas de *stock*.

Assim sendo, o sistema *Kanban* na SRAMPORT não é o sistema mais adequado como referido anteriormente, visto que a empresa possui uma grande variabilidade da procura e opera com produção MTO. Por essa razão, o sistema *Kanban* aplicado na empresa foi sofrendo adaptações de modo a conseguir dar resposta a todas as solicitações, tornando-o demasiado complexo e conduzindo a ajustes excessivos no quadro, provocando por vezes falta de material no cliente ou elevado WIP.

Deste modo, a primeira proposta de melhoria a ser sugerida corresponde à alteração do sistema PPC para um que se adapte a processos MTO e com as características da SRAMPORT. Para tal, é necessário que seja feito um estudo detalhado e, portanto, não

foi exequível no período temporal deste estágio. Este estudo carece de tempo e disponibilidade, representando uma dificuldade para a SRAMPORT.

Assim sendo, foi sugerido a inclusão nos postos de trabalho de informação sobre a quantidade de lotes a serem produzidos semanalmente, para que os operadores tenham uma maior visibilidade e tomarem a decisão de quais lotes produzir. Significa então, que as ordens de fabrico serão iniciadas com a necessidade de um cartão *Kanban*, a MP disponível e a integração da informação referida através do SAP. Perante o exposto, a modificação do quadro *Kanban* como o protótipo anteriormente referido será fundamental para todas as prensas. Com esta alteração, conduzirá provavelmente a melhorias no fluxo de produção, como por exemplo a:

- Possível redução do WIP;
- Possível eliminação de faltas de material no cliente interno;
- Eliminação de ajustes feitos no quadro por um responsável;

Além desta proposta, uma nova solução foi sugerida, a diminuição do tamanho de lotes. Contudo, esta não é uma solução viável, pois esses lotes passariam a deslocar-se à BAR, o que não seria muito pertinente uma vez que a EBS é uma operação mais automática como referido anteriormente. Para acrescentar a isto, nesta operação o tempo de processamento é igual independentemente do tamanho de lote. Nesse caso, ao diminuir o tamanho do lote, o número de contentores aumentaria, o que conduziria a um aumento do tempo na operação BAR. Nas restantes operações, a diminuição do tamanho de lote levaria ao aumento do número de contentores e, conseqüentemente ao aumento de tempos de *setup*.

Por último, uma vez que o *stock* de segurança para algumas peças é tão elevado, é sugerida a realização de um estudo para o desenvolvimento e definição deste fator. Esta melhoria seria essencial, uma vez que seria possível o dimensionamento do sistema *Kanban* com a apropriada fórmula apresentada no subcapítulo 2.5.3. Para isso, também seria necessário a incorporação na fábrica de um sistema de registo de alguns elementos para o possível cálculo.



## 5. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Atualmente, a globalização e o mercado em constante crescimento, tornou o consumidor cada vez mais exigente. Deste modo, a eficiência e capacidade de resposta em tempo útil são duas características fundamentais que possibilitam às organizações lidar com a variabilidade da procura e a competitividade.

Neste âmbito, surge o trabalho desenvolvido na presente dissertação, com o objetivo de melhorar o fluxo de produção, reduzindo o WIP e eliminando faltas de material no cliente na SRAMPORT. Para o atingir foram utilizadas ferramentas e metodologias LM, que permitiram analisar e sugerir algumas sugestões de melhoria no processo produtivo da empresa.

Inicialmente realizou-se o desenho do mapa do fluxo de valor do estado atual da empresa, com o intuito de conhecer com mais profundidade o processo produtivo e identificar os possíveis desperdícios existentes. Este processo foi elaborado com o apoio de vários departamentos e com a colaboração dos operadores.

De seguida, devido aos desperdícios encontrados, reconheceu-se a necessidade de detalhar o dimensionamento do sistema *Kanban*. Foram utilizadas duas fórmulas de cálculo disponibilizadas pela empresa. Ao verificar-se algumas anomalias procedeu-se à verificação do valor do *stock* de segurança utilizado pela empresa, de maneira a compreender melhor o que estaria a ser utilizado pela empresa.

Os valores observados são elevados e confirmou-se que o sistema *Kanban* não é adequado em ambientes de procura instável e com grande variedade de produtos. Como a SRAMPORT padronizou a capacidade do lote para 250 quilos, verificou-se que para algumas, esta capacidade é elevada. Isto porque, apresentam procura baixa e instável, o que resulta consequentemente em *stock* desnecessário durante algum tempo.

Posto isto e com alguma pesquisa acerca do tema, foi sugerido a implementação de outro sistema de controlo na SRAMPORT. Contudo, não foi exequível no período temporal deste estágio, pois, esta solução carece de uma análise mais aprofundada, daí apenas se concluir que a mudança terá potencial para ser aplicada. Recomenda-se por isso,

que seja desenvolvido e implementado em trabalhos futuros. Assim sendo, foi sugerido a introdução nos postos de trabalho de alguma informação sobre a quantidade de lotes a serem produzidos semanalmente. Para tal, é necessário desenvolver-se uma reorganização do quadro *Kanban* e um estudo desta integração nos dispositivos da fábrica para o fácil acesso de todos os operadores. Além disso, deve-se realizar uma análise mais profunda acerca do *stock* de segurança utilizado, pelo que se recomenda a revisão do seu cálculo para conduzir ao dimensionamento adequado do sistema *Kanban*.

Por fim, recomendar que, dado que se efetuou apenas o mapa do fluxo de valor para o estado atual e o dimensionamento do sistema *Kanban* a uma das prensas, replicá-la para as restantes prensas da fábrica.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, *107*(1), 223–236.
- Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: Literature review and directions. *International Journal of Quality and Reliability Management*, *25*(7), 709–756.
- Almomani, M. A., Aladeemy, M., Abdelhadi, A., & Mumani, A. (2013). A proposed approach for setup time reduction through integrating conventional SMED method with multiple criteria decision-making techniques. *Computers and Industrial Engineering*, *66*(2), 461–469.
- Bagni, G., Godinho Filho, M., Thürer, M., & Stevenson, M. (2021). Systematic review and discussion of production control systems that emerged between 1999 and 2018. *Production Planning and Control*, *32*(7), 511–525.
- Bhamu, J., & Sangwan, K. S. (2014). Lean manufacturing: Literature review and research issues. *International Journal of Operations and Production Management*, *34*(7), 876–940.
- Binti Aminuddin, N. A., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Antony, J., & Rocha-Lona, L. (2016). An analysis of managerial factors affecting the implementation and use of overall equipment effectiveness. *International Journal of Production Research*, *54*(15), 4430–4447.
- Bortolotti, T., Boscari, S., & Danese, P. (2015). Successful lean implementation: Organizational culture and soft lean practices. *International Journal of Production Economics*, *160*, 182–201.
- Chinet, F. S., & Filho, M. G. (2014). Sistema POLCA: Revisão, classificação e análise da literatura. *Gestao e Producao*, *21*(3), 532–542.
- Coetzee, R., van der Merwe, K., & van Dyk, L. (2016). Lean implementation strategies: How are the Toyota Way principles addressed? *South African Journal of Industrial Engineering*, *27*(3 Special Issue), 79–91.

- Dekier, L. (2012). The origins and evolution of Lean Management System. *Journal of International Studies*, 5(1), 46–51.
- Deshkar, A., Kamle, S., Giri, J., & Korde, V. (2018). Design and evaluation of a Lean Manufacturing framework using Value Stream Mapping (VSM) for a plastic bag manufacturing unit. *Materials Today: Proceedings*, 5, 7668–7677.
- Ferradás, P. G., & Salonitis, K. (2013). Improving changeover time: A tailored SMED approach for welding cells. *Procedia CIRP*, 7, 598–603.
- Folinas, D., Aidonis, D., Malindretos, G., Voulgarakis, N., & Triantafillou, D. (2014). Greening the agrifood supply chain with lean thinking practices. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 10(2), 129–145.
- Gapp, R., Fisher, R., & Kobayashi, K. (2008). Implementing 5S within a Japanese context: An integrated management system. *Management Decision*, 46(4), 565–579.
- Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Chaikittisilp, S., & Tan, K. H. (2018). The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Economics*, 200, 170–180.
- Germes, R., & Riezebos, J. (2010). Workload balancing capability of pull systems in MTO production. *International Journal of Production Research*, 48(8), 2345–2360.
- Harrod, S., & Kanet, J. J. (2013). Applying work flow control in make-to-order job shops. *International Journal of Production Economics*, 143(2), 620–626.
- Huang, C. C., & Kusiak, A. (1996). Overview of kanban systems. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 9(3), 169–189.
- Jasti, N. V. K., & Kodali, R. (2014). A literature review of empirical research methodology in lean manufacturing. *International Journal of Operations and Production Management*, 34(8), 1080–1122.
- Jasti, N. V. K., & Kodali, R. (2015). Lean production: Literature review and trends. *International Journal of Production Research*, 53(3), 867–885.
- Jonsson, P., & Lesshammar, M. (1999). Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – the role of OEE. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(1), 55–78.
- Kehr, T. W., & Proctor, M. D. (2017). People Pillars: Re-structuring the Toyota Production System (TPS) House Based on Inadequacies Revealed During the Automotive Recall Crisis. *Quality and Reliability Engineering International*, 33(4), 921–930.

- Khaswala, Z. N., & Irani, S. A. (2001). Value Network Mapping ( VNM ): Visualization and Analysis of Multiple Flows in Value Stream Maps. *Proceedings of the Lean Management Solutions Conference*, 1–18.
- Klankamsorn, S. (2020). Determination of the Number of Kanban for Automotive Axle Production. *2020 IEEE 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications, ICIEA 2020*, 20–24.
- Koskela, L., Boviken, T., & Rooke, J. (2013). Which are the wastes of construction? *21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013, IGLC 2013*, 905–914.
- Kumar, C. S., & Panneerselvam, R. (2007). Literature review of JIT-KANBAN system. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 32(3–4), 393–408.
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The toyota way in services: The case of lean product development. *Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5–20.
- Mao, F., Yang, H. B., & Xu, J. (2014). Determination of number of kanban for classis control system production lines. *Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, ICNSC 2014*, 480–483.
- Marand, L. L. P., Sakata, Y., Hirotnani, D., Morikawa, K., & Takahashi, K. (2013). An adaptive kanban and production capacity control mechanism. In *IFIP Advances in Information and Communication Technology* (Vol. 397, Issue PART 1).
- Masuti, P. M., & Dabade, U. A. (2019). Lean manufacturing implementation using value stream mapping at excavator manufacturing company. *Materials Today: Proceedings*, 19, 606–610.
- Mathur, A., Dangayach, G. S., Mittal, M. L., & Sharma, M. K. (2011). Performance measurement in automated manufacturing. *Measuring Business Excellence*, 15(1), 77–91.
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517–3535.
- Rahman, N. A. A., Sharif, S. M., & Esa, M. M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7, 174–180.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: value stream mapping to create value and eliminate muda* (1st ed.). Lean Enterprise Institute.

- Shah, D., & Patel, P. (2018). Productivity Improvement by Implementing Lean Manufacturing Tools In Manufacturing Industry. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 5(3), 3794–3798.
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785–805.
- Shou, W., Wang, J., Wu, P., Wang, X., & Chong, H. Y. (2017). A cross-sector review on the use of value stream mapping. *International Journal of Production Research*, 55(13), 3906–3928.
- Singh, J., Rastogi, V., & Sharma, R. (2014). Implementation of 5S practices: A review. *Uncertain Supply Chain Management*, 2(3), 155–162.
- Solaimani, S., Veen, J. van der, Sobek, D. K., Gulyaz, E., & Venugopal, V. (2019). On the application of Lean principles and practices to innovation management: A systematic review. *TQM Journal*, 31(6), 1064–1092.
- Spearman, M. L., Woodruff, D. L., & Hopp, W. J. (1990). CONWIP: A pull alternative to kanban. *International Journal of Production Research*, 28(5), 879–894.
- SRAM. (2020). *MY'21 Corporate Plan*. Documento interno.
- Stevenson, M., Hendry, L. C., & Kingsman, B. G. (2005). A review of production planning and control: The applicability of key concepts to the make-to-order industry. In *International Journal of Production Research* (Vol. 43, Issue 5, pp. 869–898).
- Stump, B., & Badurdeen, F. (2012). Integrating lean and other strategies for mass customization manufacturing: A case study. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23(1), 109–124.
- Thurer, M., Stevenson, M., & Protzman, C. W. (2015). COBACABANA (Control of Balance by Card Based Navigation): An alternative to kanban in the pure flow shop? *International Journal of Production Economics*, 166, 143–151.
- Thurer, M., Stevenson, M., & Protzman, C. W. (2016). Card-based production control: a review of the control mechanisms underpinning Kanban, ConWIP, POLCA and COBACABANA systems. *Production Planning and Control*, 27(14), 1143–1157.
- Thurer, M., Tomasevic, I., & Stevenson, M. (2017). On the meaning of ‘Waste’: review and definition. *Production Planning and Control*, 28(3), 244–255.
- Torkabadi, A. M., & Mayorga, R. V. (2018). Evaluation of pull production control strategies under uncertainty: An integrated fuzzy ahp-topsis approach. *Journal of*

*Industrial Engineering and Management*, 11(1), 161–184.

Wickramasinghe, G. L. D., & Wickramasinghe, V. (2017). Implementation of lean production practices and manufacturing performance: The role of lean duration.

*Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(4), 531–550.

Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking - Banish waste and create wealth in your corporation* (Productivity Press (ed.)).

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). Beyond Toyota: How to Root Out Waste and Pursue Perfection. *Harvard Business Review*, 74(5), 140–151.

## ANEXO A

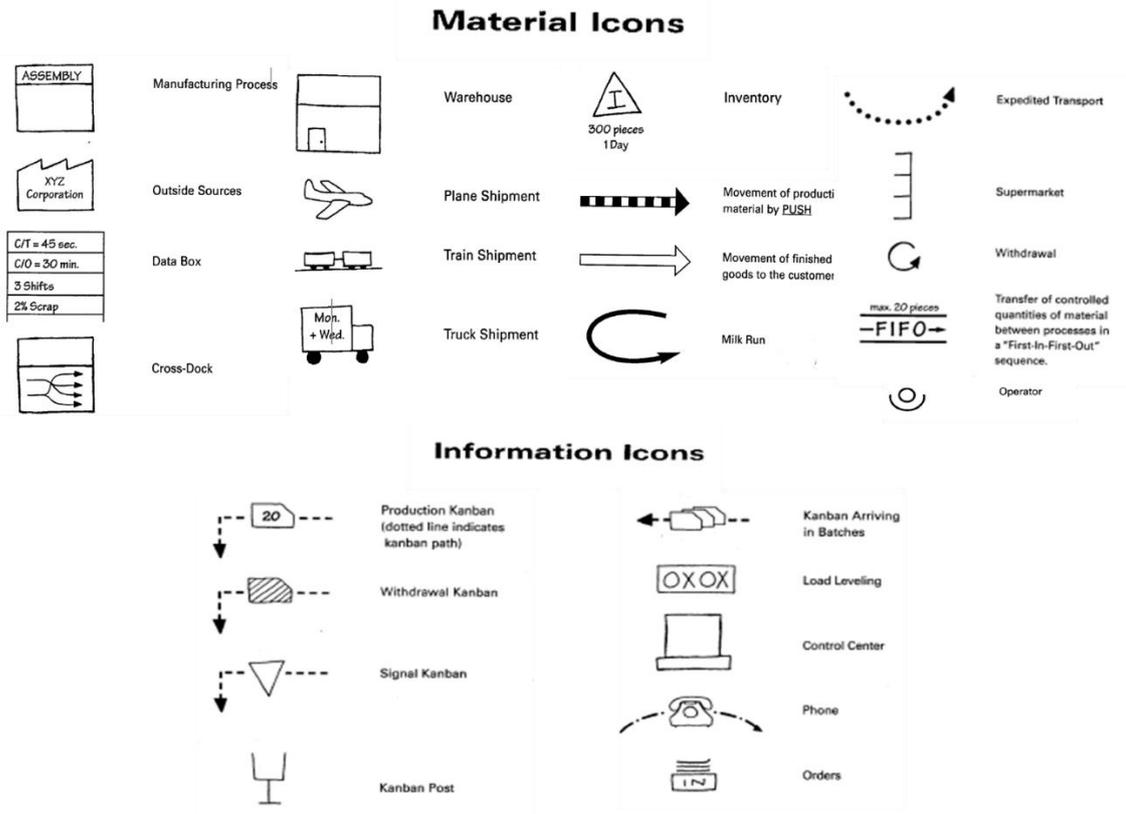


Figura A.1. Símbolos e ícones para a elaboração do VSM

## ANEXO B

Modelo	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
PC830	43380	11015	7790	18498	27107	21146	21339	22154	11729	19483	20537	34216	20851	10585	23161	15964	30444	9217	27447	25123	9420	18299	19494	6530	1882	22406	13576	4344	25811	26788	31038	16507	17644	28777	25840	13858	15718	26933	23682	9303	12742	12053
PC850	5502	6632	11077	21792	12742	11389	15313	12156	4054	7847	12705	3519	21213	3779	6111	12344	9955	2331	10100	14118	5394	4974	14817	7812	0	3310	4561	2172	15421	13177	8123	9861	8587	8912	9448	6226	22842	15313	9623	6617	796	0
PC870	6400	7285	72	5038	840	550	6180	4547	2751	2968	5140	5330	1014	652	5765	4505	6791	1738	6245	4778	4814	2071	13790	362	1464	1057	6054	724	1853	4794	1187	2231	2751	5062	9201	8677	5068	4054	5455	4422	1158	1464
PC951	31791	36	19982	0	21831	2100	20479	217	23023	471	19374	0	13775	72	19555	217	21684	0	21134	9702	9262	9940	7816	7674	0	5097	7399	9321	1810	6445	7689	8384	4532	8422	5792	5850	12706	17014	4392	9593	2418	9846
PC971	5604	145	9086	0	7501	492	9219	0	5430	326	8654	0	14118	72	7304	0	8181	0	7182	3113	6125	4648	7147	145	0	3591	5401	5589	1984	2101	6067	2317	4170	1738	4109	3229	869	3330	0	2985	1853	7095
PC1031	11630	10638	1231	15050	206	10819	796	19809	0	7785	0	14364	0	8172	2172	12303	0	12314	217	8271	9096	5242	12598	1624	0	7863	8608	7414	2528	5721	12409	5901	10693	11357	7370	8646	4561	5068	5587	4945	4600	7981
PC1051	7211	8876	579	8147	1318	8485	579	7713	0	18549	0	10290	0	13466	0	7110	0	10122	0	5169	9306	2679	3359	1738	0	130	5893	4083	2795	1160	101	5980	6111	3591	8688	3186	7168	1622	7650	2317	4513	7095
PC1071	796	4993	87	3461	275	145	0	767	0	1535	0	1767	0	1593	145	1752	0	1810	0	3427	2867	796	1636	290	0	188	608	1767	1072	334	1622	333	420	1245	1549	1216	2172	1882	0	1419	652	3113
PC1091R	1173	0	261	963	579	0	0	72	0	434	0	724	0	478	0	434	0	376	0	550	1767	217	362	29	0	101	87	232	261	175	232	159	391	282	14	333	290	362	0	1086	869	652
PCEX1	1427	1975	183	1518	0	1567	274	0	0	1244	0	2012	0	2175	91	677	0	1811	18	1628	567	457	1207	91	0	201	421	457	256	916	805	549	585	457	1536	933	549	0	201	951	256	329

Figura B.1. Consumos em quilos da semana 9 até à semana 50



## ANEXO C

Ordem	Nº do materia	Texto breve de material	Quantidade da ordem (GMEIN)	Data-base inic	Hora da criação	Data fim real	Fim real hora
394907	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	250,45	14/09/2020	10:14:14	15/09/2020	17:06:31
394913	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	250,45	14/09/2020	16:36:11	15/09/2020	17:12:03
394920	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	250,45	14/09/2020	23:31:54	15/09/2020	20:08:33
394942	01.2786.320.164	400 31 PLACA EXTERIOR PC951	250,45	15/09/2020	00:14:47	23/09/2020	03:19:21
394929	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	250,45	15/09/2020	07:38:46	17/09/2020	15:03:57
394931	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	250,45	15/09/2020	11:34:54	17/09/2020	18:14:07
394954	01.2747.320.064	400 48 PLACA EXTERIOR PC850	250,45	16/09/2020	08:21:45	25/09/2020	06:06:13
394957	01.2704.007.700	400 77 PLACA EXTERIOR PC1031	250,48	16/09/2020	15:00:53	21/09/2020	08:28:36
394965	01.2704.007.700	400 77 PLACA EXTERIOR PC1031	250,48	16/09/2020	22:32:20	21/09/2020	08:28:07
394996	01.2704.007.600	400 76 PLACA EXTERIOR PC1051	250,48	17/09/2020	00:10:45	24/09/2020	00:48:25
394983	01.2704.007.500	400 75 PLACA EXTERIOR PC1071	250,48	17/09/2020	10:41:12	24/09/2020	00:47:18
395007	01.2786.320.164	400 31 PLACA EXTERIOR PC951	250,45	18/09/2020	11:32:32	23/09/2020	11:54:45
395012	01.2786.320.164	400 31 PLACA EXTERIOR PC951	250,45	18/09/2020	17:08:22	26/09/2020	05:03:53
395016	01.2786.320.164	400 31 PLACA EXTERIOR PC951	250,45	18/09/2020	18:19:26	22/09/2020	23:35:26
395023	01.2787.321.164	400 35 PLACA EXTERIOR PC971	250,45	21/09/2020	02:22:22	25/09/2020	11:54:54
395030	01.2747.320.064	400 48 PLACA EXTERIOR PC850	250,45	21/09/2020	10:39:57	24/09/2020	21:53:19
395040	01.2786.320.164	400 31 PLACA EXTERIOR PC951	250,45	21/09/2020	22:39:08	22/09/2020	23:35:46
395045	01.2786.320.164	400 31 PLACA EXTERIOR PC951	250,45	22/09/2020	02:16:44	23/09/2020	05:53:51
395050	01.2786.320.164	400 31 PLACA EXTERIOR PC951	250,45	22/09/2020	06:35:48	24/09/2020	13:15:42
395064	01.2787.321.164	400 35 PLACA EXTERIOR PC971	250,45	22/09/2020	21:57:50	28/09/2020	12:12:52
395071	01.2786.320.164	400 31 PLACA EXTERIOR PC951	250,45	23/09/2020	03:24:05	29/09/2020	22:46:33
395105	01.2786.320.164	400 31 PLACA EXTERIOR PC951	250,45	24/09/2020	14:51:36	28/09/2020	22:45:45
395110	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	250,45	24/09/2020	20:27:41	29/09/2020	22:44:44
395115	01.2748.321.064	400 49 PLACA EXTERIOR PC870	250,45	25/09/2020	01:17:23	06/10/2020	17:54:47
395125	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	250,45	25/09/2020	12:30:45	30/09/2020	22:39:14
395152	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	250,45	28/09/2020	10:56:44	29/09/2020	15:08:34
395155	01.2747.320.064	400 48 PLACA EXTERIOR PC850	250,45	28/09/2020	13:09:19	07/10/2020	07:27:43
395170	01.2747.320.064	400 48 PLACA EXTERIOR PC850	250,45	29/09/2020	02:50:10	07/10/2020	05:50:07
395174	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	250,45	29/09/2020	06:53:12	02/10/2020	19:55:32
395181	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	250,45	29/09/2020	11:37:44	02/10/2020	19:55:09
395193	01.2704.007.600	400 76 PLACA EXTERIOR PC1051	250,48	30/09/2020	04:18:14	01/10/2020	13:48:44
395202	01.2704.007.600	400 76 PLACA EXTERIOR PC1051	250,48	30/09/2020	10:36:48	06/10/2020	17:55:24
395209	01.2704.007.600	400 76 PLACA EXTERIOR PC1051	250,48	30/09/2020	18:04:45	08/10/2020	21:44:08

Figura C.1. Parte da sequência executada na PM2 durante um determinado período de tempo



## APÊNDICE I

SRAM

Folha de registo de Tempos por operação - KANBAN

PEÇA:

Nº Lote:

Nº Cartão:

Nº de cartões em fila de espera no quadro Kanban aquando da abertura de lote:

OPERAÇÃO	Início		Fim		OPERADOR
	hh:mm	Data	hh:mm	Data	
1º					
2º					
3º					
4º					
5º					
6º					
7º					
8º					
9º					
10º					
11º					
12º					
13º					
14º					
15º					
16º					

Nota: Esta folha deverá acompanhar o lote desde a abertura até ao final. Antes do lote ir para a estante a folha deve ser entregue ao chefe de turno.

**Figura I.1.** Folha de registo colocada na primeira operação (DPE)



## APÊNDICE II

Ordem	Nº do material	Texto breve de material	Tempo <i>setup</i> prensa (minutos)
397162	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	0
397167	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	35
397175	01.2747.320.064	400 48 PLACA EXTERIOR PC850	60
397186	01.2704.007.700	400 77 PLACA EXTERIOR PC1031	0
397198	01.2704.007.700	400 77 PLACA EXTERIOR PC1031	35
397201	01.2704.007.600	400 76 PLACA EXTERIOR PC1051	0
397206	01.2704.007.600	400 76 PLACA EXTERIOR PC1051	0
397211	01.2704.007.600	400 76 PLACA EXTERIOR PC1051	35
397221	01.2704.007.300	400 73 PLACA EXTERIOR PC1091R	50
397238	01.2704.007.700	400 77 PLACA EXTERIOR PC1031	0
397251	01.2704.007.700	400 77 PLACA EXTERIOR PC1031	35
397258	01.2704.007.500	400 75 PLACA EXTERIOR PC1071	60
397266	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	0
397271	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	0
397277	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	35
397290	01.2748.321.064	400 49 PLACA EXTERIOR PC870	0
397296	01.2748.321.064	400 49 PLACA EXTERIOR PC870	35
397306	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	0
397308	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	0
397311	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	35
397314	01.2747.320.064	400 48 PLACA EXTERIOR PC850	0
397320	01.2747.320.064	400 48 PLACA EXTERIOR PC850	35
397323	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	0
397335	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	0
397346	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	35
397349	01.2747.320.064	400 48 PLACA EXTERIOR PC850	35
397364	01.2748.321.064	400 49 PLACA EXTERIOR PC870	0
397366	01.2748.321.064	400 49 PLACA EXTERIOR PC870	35
397370	01.2747.320.064	400 48 PLACA EXTERIOR PC850	35
397375	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	0
397386	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	0
397389	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	35
397392	01.2786.320.164	400 31 PLACA EXTERIOR PC951	0
397402	01.2786.320.164	400 31 PLACA EXTERIOR PC951	0
397408	01.2786.320.164	400 31 PLACA EXTERIOR PC951	0
397411	01.2786.320.164	400 31 PLACA EXTERIOR PC951	35
397419	01.2787.321.164	400 35 PLACA EXTERIOR PC971	0
397424	01.2787.321.164	400 35 PLACA EXTERIOR PC971	35
397427	01.2786.320.164	400 31 PLACA EXTERIOR PC951	0
397435	01.2786.320.164	400 31 PLACA EXTERIOR PC951	35
397437	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	0
397446	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	60
397449	01.2704.007.600	400 76 PLACA EXTERIOR PC1051	0
397452	01.2704.007.600	400 76 PLACA EXTERIOR PC1051	0
397454	01.2704.007.600	400 76 PLACA EXTERIOR PC1051	35
397457	01.2704.007.700	400 77 PLACA EXTERIOR PC1031	0
397467	01.2704.007.700	400 77 PLACA EXTERIOR PC1031	0
397477	01.2704.007.700	400 77 PLACA EXTERIOR PC1031	35
397482	01.2704.007.500	400 75 PLACA EXTERIOR PC1071	50
397488	33.2518.014.000	400 88 PLACA EXTERIOR EX1	60
397499	01.2746.320.064	400 47 PLACA EXTERIOR PC830	0

Figura II.1. Tempos de *setup* na DPE

Texto breve de material	Data-base inic.	Saida das las peças	Saida das últimas peças	Tempo de <i>setup</i> CTC
500 18 Placa interior 1. 8 e 9 vel nio	02/12/2019	18:10	19:40	
500 17 Placa interior 1. 8 e 9 vel bar	02/12/2019	19:50	21:15	
500 41 Placa interior Castanha	02/12/2019	00:00	01:35	
400 49 Placa exterior PC870	03/12/2019	02:20	03:50	00:45
400 49 Placa exterior PC870	03/12/2019	04:00	05:35	00:10
400 77 Placa exterior PC1031	03/12/2019	07:15	08:55	01:40
500 42 Placa Interior	03/12/2019	10:00	11:25	
400 35 Placa exterior PC971	03/12/2019	12:10	13:45	00:45
400 35 Placa exterior PC971	03/12/2019	13:55	15:30	00:10
500 41 Placa interior Castanha	03/12/2019	16:15	17:55	
500 42 Placa Interior	03/12/1900	21:55	23:20	
400 73 Placa exterior PC1091R	03/12/2019	00:05	01:45	00:45
500 39 PLACA INTERIOR Brunida	04/12/2019	02:40	04:05	
500 39 PLACA INTERIOR Brunida	04/12/2019	04:15	05:40	
440 14 Placa de fecho PowerLink98PD	04/12/2019	06:30	07:30	00:50
400 76 Placa exterior PC1051	04/12/2019	08:25	10:00	00:55
400 76 Placa exterior PC1051	04/12/2019	10:10	12:05	00:10
500 42 Placa Interior	04/12/2019	13:05	14:30	
500 42 Placa Interior	04/12/2019	14:40	16:00	
500 17 Placa interior 1. 8 e 9 vel bar	05/12/2019	14:25	15:55	
500 17 Placa interior 1. 8 e 9 vel bar	05/12/2019	16:05	17:30	
400 48 Placa exterior PC850	05/12/2019	18:15	19:45	00:45
400 48 Placa exterior PC850	05/12/2019	19:55	21:15	00:10
500 42 Placa Interior	06/12/2019	07:15	08:35	
500 40 PLACA INTERIOR Bariada	06/12/2019	08:45	10:05	
400 47 Placa exterior PC830	06/12/2019	10:55	12:30	00:50
400 47 Placa exterior PC830	06/12/2019	12:40	13:50	00:10
400 47 Placa exterior PC830	06/12/2019	14:00	15:25	00:10
500 17 Placa interior 1. 8 e 9 vel bar	06/12/2019	16:10	17:35	
500 17 Placa interior 1. 8 e 9 vel bar	06/12/2019	17:45	19:00	
500 18 Placa interior 1. 8 e 9 vel nio	06/12/2019	19:10	20:45	
500 42 Placa Interior	11/12/2019	02:25	03:50	
500 42 Placa Interior	11/12/2019	04:00	05:20	
400 76 Placa exterior PC1051	11/12/2019	06:30	08:25	01:10
400 77 Placa exterior PC1031	11/12/2019	09:10	11:00	00:45
400 77 Placa exterior PC1031	11/12/2019	11:10	12:55	00:10
400 77 Placa exterior PC1031	11/12/2019	13:05	14:55	00:10
500 42 Placa Interior	11/12/2019	16:30	18:00	
500 40 PLACA INTERIOR Bariada	11/12/2019	18:10	19:40	
500 17 Placa interior 1. 8 e 9 vel bar	11/12/2019	20:25	21:45	
500 17 Placa interior 1. 8 e 9 vel bar	11/12/2019	21:55	23:15	
500 17 Placa interior 1. 8 e 9 vel bar	11/12/2019	23:25	00:50	
400 47 Placa exterior PC830	12/12/2019	01:35	03:10	00:45
400 47 Placa exterior PC830	12/12/2019	03:20	04:50	00:10
400 47 Placa exterior PC830	12/12/2019	05:00	06:20	00:10
500 42 Placa Interior	12/12/2019	07:05	08:25	
500 42 Placa Interior	12/12/2019	08:35	09:50	
500 17 Placa interior 1. 8 e 9 vel bar	12/12/2019	11:25	13:10	
500 18 Placa interior 1. 8 e 9 vel nio	12/12/2019	13:20	14:45	
400 48 Placa exterior PC850	12/12/2019	15:35	17:10	00:50

Figura II.2. Tempos de *setup* na CTC

## APÊNDICE III

			Kg retrabalhados	Kg totais	% de retrabalho por peça	% de retrabalho por grupo
Lotes retrabalhados	Grupo 1	400 31	250	119777	0%	1,0%
		400 35	220		0%	
		400 47	250		0%	
		400 48	0		0%	
		400 49	500		0%	
	Grupo 2	400 73	0	26578	0%	1,7%
		400 75	0		0%	
		400 76	370		1%	
		400 77	70		0%	
		400 88	0		0%	

Grupo 1	BAR/EBS	1%
	CTC	0%
Grupo 2	BAR/EBS	1%
	CTC	0,5%

**Figura III.1 Cálculo da percentagem de retrabalho**

	Peso de refugo	Produção DPE	% de refugo
Grupo 1	1877,2	74704	3%
Grupo 2	854,0	49556	2%
Grupo 1	533,7	17595	3%
Grupo 2	446,3	12817	3%
Grupo 1	1821,1	68198	3%
Grupo 2	1697,2	61561	3%
Grupo 1	1568,4	67931	2%
Grupo 2	1821,1	24855	7%
Grupo 1	1337,8	71579	2%
Grupo 2	765,6	42248	2%
Grupo 1	14,9	47522	0%
Grupo 2	1759,4	34743	5%
Grupo 1	1409,6	69741	2%
Grupo 2	115,2	4734	2%
Grupo 1	1902,3	73813	3%
Grupo 2	1289,3	47674	3%

Grupo 1	2%
Grupo 2	3%

Figura III.2 Cálculo de refugo na DPE

## APÊNDICE IV

Texto breve de material	Data de entrada no Arm 2	Data de saída do Arm 2	Tempo de espera
400 31 PLACA EXTERIOR PC951	04/01/2021 22:30	12/01/2021 19:18	7 Dias 20 Horas 48,1 Minutos
400 49 PLACA EXTERIOR PC870	21/01/2021 15:09	02/02/2021 00:23	11 Dias 9 Horas 13,9 Minutos
400 49 PLACA EXTERIOR PC870	22/01/2021 14:26	02/02/2021 07:05	10 Dias 16 Horas 39,4 Minutos
400 47 PLACA EXTERIOR PC830	25/01/2021 21:50	26/01/2021 21:49	0 Dias 23 Horas 59,4 Minutos
400 47 PLACA EXTERIOR PC830	25/01/2021 01:37	27/01/2021 17:25	2 Dias 15 Horas 47,9 Minutos
400 47 PLACA EXTERIOR PC830	25/01/2021 01:52	25/01/2021 04:24	0 Dias 2 Horas 32,3 Minutos
400 47 PLACA EXTERIOR PC830	25/01/2021 01:56	25/01/2021 19:29	0 Dias 17 Horas 32,8 Minutos
400 47 PLACA EXTERIOR PC830	26/01/2021 08:19	03/02/2021 08:21	8 Dias 0 Horas 2,4 Minutos
400 76 PLACA EXTERIOR PC1051	12/02/2021 02:45	18/02/2021 21:09	6 Dias 18 Horas 23,5 Minutos
400 76 PLACA EXTERIOR PC1051	12/02/2021 08:08	19/02/2021 12:30	7 Dias 4 Horas 21,8 Minutos
400 76 PLACA EXTERIOR PC1051	12/02/2021 16:13	17/02/2021 14:06	4 Dias 21 Horas 53,1 Minutos
400 77 PLACA EXTERIOR PC1031	12/02/2021 02:41	12/02/2021 02:44	0 Dias 0 Horas 2,2 Minutos
400 77 PLACA EXTERIOR PC1031	12/02/2021 02:51	13/02/2021 03:01	1 Dias 0 Horas 10,2 Minutos
400 47 PLACA EXTERIOR PC830	13/02/2021 08:35	15/02/2021 16:46	2 Dias 8 Horas 11,2 Minutos
400 47 PLACA EXTERIOR PC830	15/02/2021 11:54	16/02/2021 05:00	0 Dias 17 Horas 6,2 Minutos
400 73 PLACA EXTERIOR PC1091R	15/02/2021 04:25	16/02/2021 01:12	0 Dias 20 Horas 47 Minutos
400 77 PLACA EXTERIOR PC1031	15/02/2021 23:29	01/03/2021 13:09	13 Dias 13 Horas 40,3 Minutos
400 77 PLACA EXTERIOR PC1031	15/02/2021 23:30	02/03/2021 16:34	14 Dias 17 Horas 3,2 Minutos
400 47 PLACA EXTERIOR PC830	16/02/2021 01:42	19/02/2021 00:21	2 Dias 22 Horas 39,1 Minutos
400 47 PLACA EXTERIOR PC830	17/02/2021 03:21	19/02/2021 19:05	2 Dias 15 Horas 44,4 Minutos
400 47 PLACA EXTERIOR PC830	17/02/2021 16:42	22/02/2021 05:44	4 Dias 13 Horas 2,4 Minutos
400 47 PLACA EXTERIOR PC830	17/02/2021 20:34	22/02/2021 12:01	4 Dias 15 Horas 26,8 Minutos
400 49 PLACA EXTERIOR PC870	17/02/2021 08:50	17/02/2021 17:08	0 Dias 8 Horas 18,2 Minutos
400 49 PLACA EXTERIOR PC870	17/02/2021 20:30	18/02/2021 10:54	0 Dias 14 Horas 23,8 Minutos
400 75 PLACA EXTERIOR PC1071	17/02/2021 08:44	18/02/2021 15:17	1 Dias 6 Horas 32,7 Minutos
400 48 PLACA EXTERIOR PC850	18/02/2021 09:12	23/02/2021 11:06	5 Dias 1 Horas 54,7 Minutos
400 48 PLACA EXTERIOR PC850	18/02/2021 10:34	23/02/2021 21:25	5 Dias 10 Horas 51,4 Minutos
400 47 PLACA EXTERIOR PC830	19/02/2021 09:59	23/02/2021 00:48	3 Dias 14 Horas 48,6 Minutos
400 47 PLACA EXTERIOR PC830	19/02/2021 08:34	24/02/2021 01:48	4 Dias 17 Horas 13,6 Minutos
400 47 PLACA EXTERIOR PC830	19/02/2021 06:56	24/02/2021 01:48	4 Dias 18 Horas 52,7 Minutos
400 48 PLACA EXTERIOR PC850	19/02/2021 22:13	01/03/2021 10:40	9 Dias 12 Horas 26,4 Minutos
400 48 PLACA EXTERIOR PC850	19/02/2021 00:01	26/02/2021 18:41	7 Dias 18 Horas 39,6 Minutos
400 49 PLACA EXTERIOR PC870	19/02/2021 15:14	02/03/2021 01:02	10 Dias 9 Horas 48,2 Minutos
400 49 PLACA EXTERIOR PC870	19/02/2021 15:21	02/03/2021 18:30	11 Dias 3 Horas 9,1 Minutos
400 31 PLACA EXTERIOR PC951	22/02/2021 00:55	24/02/2021 16:38	2 Dias 15 Horas 43,8 Minutos
400 31 PLACA EXTERIOR PC951	23/02/2021 01:32	26/02/2021 06:54	3 Dias 5 Horas 22,1 Minutos
400 31 PLACA EXTERIOR PC951	23/02/2021 03:09	26/02/2021 09:59	3 Dias 6 Horas 49,4 Minutos
400 31 PLACA EXTERIOR PC951	23/02/2021 12:52	24/02/2021 01:07	0 Dias 12 Horas 14,9 Minutos
400 47 PLACA EXTERIOR PC830	24/02/2021 22:08	25/02/2021 07:13	0 Dias 9 Horas 4,4 Minutos
400 47 PLACA EXTERIOR PC830	24/02/2021 19:51	25/02/2021 15:20	0 Dias 19 Horas 29,2 Minutos
400 47 PLACA EXTERIOR PC830	24/02/2021 17:55	24/02/2021 21:15	0 Dias 3 Horas 20,4 Minutos
400 47 PLACA EXTERIOR PC830	25/02/2021 15:50	25/02/2021 23:50	0 Dias 7 Horas 59,9 Minutos
400 47 PLACA EXTERIOR PC830	25/02/2021 17:27	26/02/2021 08:21	0 Dias 14 Horas 53,4 Minutos
400 76 PLACA EXTERIOR PC1051	27/02/2021 06:26		Em armazém
400 76 PLACA EXTERIOR PC1051	27/02/2021 08:52		Em armazém
400 77 PLACA EXTERIOR PC1031	27/02/2021 06:33		Em armazém
400 77 PLACA EXTERIOR PC1031	27/02/2021 07:09		Em armazém
400 47 PLACA EXTERIOR PC830	01/03/2021 12:38		Em armazém

Figura IV.1. Cálculo do tempo de espera no armazém 2



## APÊNDICE V

Nº de cartões na fila de espera no quadro <i>kanban</i> quando da abertura de lote	Tempo médio da operação DPE	Tempo antes da DPE	Média
5	5:13:21	26:06:45	31:09:18
4	5:13:21	20:53:24	1 dia 7 horas 9 minutos 1870 minutos
4	5:13:21	20:53:24	
3	5:13:21	15:40:03	
3	5:13:21	15:40:03	
2	5:13:21	10:26:42	
2	5:13:21	10:26:42	
9	5:13:21	47:00:09	
10	5:13:21	52:13:30	
9	5:13:21	47:00:09	
8	5:13:21	41:46:48	
10	5:13:21	52:13:30	
9	5:13:21	47:00:09	
9	5:13:21	47:00:09	
9	5:13:21	47:00:09	
9	5:13:21	47:00:09	
10	5:13:21	52:13:30	
9	5:13:21	47:00:09	
9	5:13:21	47:00:09	
8	5:13:21	41:46:48	
8	5:13:21	41:46:48	
9	5:13:21	47:00:09	
10	5:13:21	52:13:30	
9	5:13:21	47:00:09	
9	5:13:21	47:00:09	
8	5:13:21	41:46:48	
9	5:13:21	47:00:09	
9	5:13:21	47:00:09	
9	5:13:21	47:00:09	
8	5:13:21	41:46:48	
7	5:13:21	36:33:27	
6	5:13:21	31:20:06	
6	5:13:21	31:20:06	
7	5:13:21	36:33:27	
7	5:13:21	36:33:27	
6	5:13:21	31:20:06	

**Figura V.1.** Tempo de espera dos cartões no quadro *Kanban*



# APÊNDICE VI

GRUPO 1 - 40031; 40035; 40047; 40048; 40049

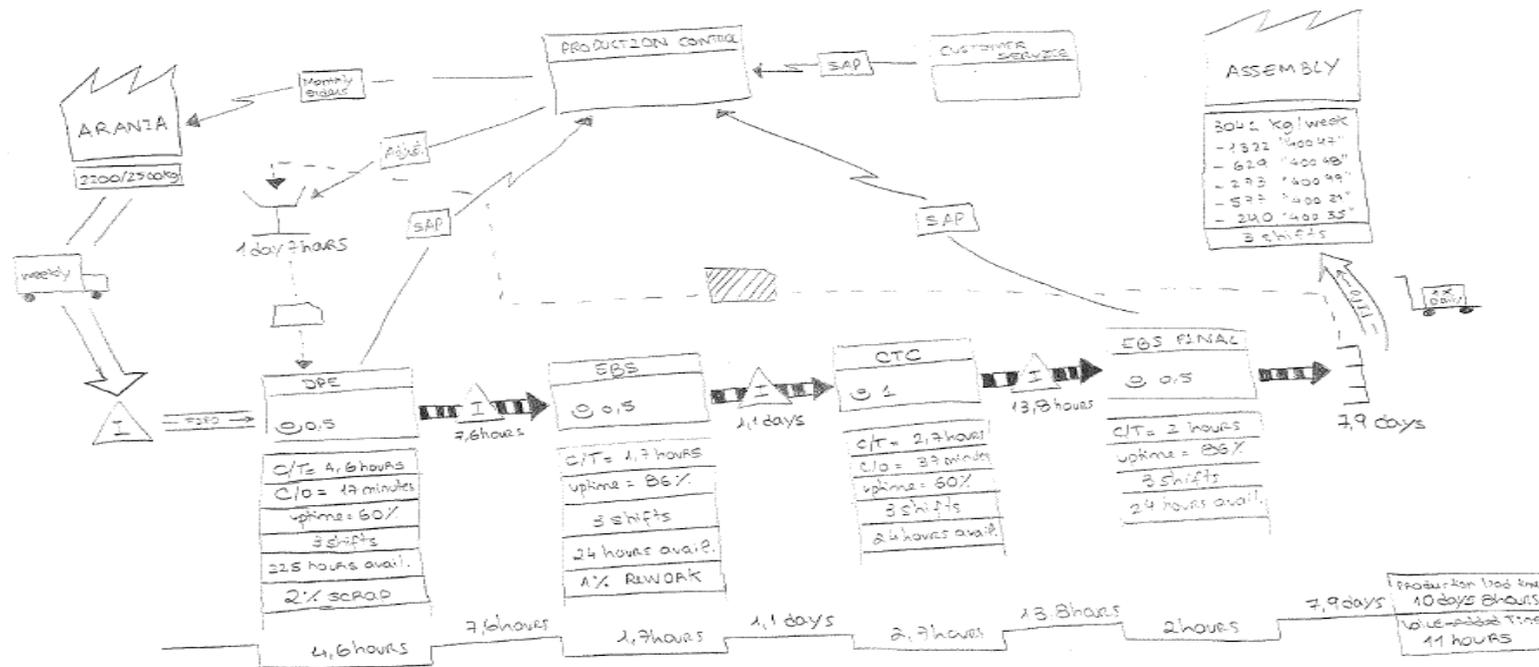


Figura VI.1. VSM do estado atual do grupo 1



## APÊNDICE VII

Cartão Kanban	Dimensão Lote	Consumo médio diário (kg)	Desv. Padrão	Coefficiente de variação	Lead time (dias)	Frequência Produção (EPE)	Stock de lead time (kg)	Stock da freq de reposição (kg)
400 31	250	115,34	101,84	0,88	5,53	2	637,83	230,68
400 35	250	48,03	42,92	0,89	6,63	2	318,43	96,06
400 47	250	264,33	120,00	0,45	2,68	2	708,39	528,65
400 48	250	125,84	77,50	0,62	3,45	2	434,15	251,68
400 49	250	54,67	39,58	0,72	4,11	2	224,68	109,33
400 73	250	3,58	4,17	1,16	4,39	2	15,72	7,16
400 75	250	12,87	13,14	1,02	4,40	2	56,62	25,74
400 76	250	53,05	48,40	0,91	5,87	2	311,40	106,10
400 77	250	76,99	56,04	0,73	3,34	2	257,15	153,98
400 88	250	7,64	7,48	0,98	4,41	2	33,67	15,27

Stock de funcionamento (kg)	Stock seg variação da procura (kg)	Stock de seg avarias (kg)	Stock segurança total (kg)	Ponto de encomenda (kg)	Ponto de encomenda (lotes)	Stock segurança total (lotes)	Stock da freq de reposição (lotes)	Stock máximo (n° lotes)
868,51	766,89	217,13	984,01	1621,84	7	4	1	8
414,48	370,37	103,62	473,99	792,41	4	2	1	5
1237,05	561,58	309,26	870,84	1579,24	7	4	3	10
685,83	422,39	171,46	593,84	1027,99	5	3	2	7
334,01	241,81	83,50	325,31	549,99	3	2	1	4
22,89	26,63	5,72	32,36	48,08	1	1	1	2
82,36	84,12	20,59	104,71	161,33	1	1	1	2
417,50	380,88	104,38	485,25	796,66	4	2	1	5
411,14	299,25	102,78	402,04	659,19	3	2	1	4
48,95	47,96	12,24	60,20	93,87	1	1	1	2

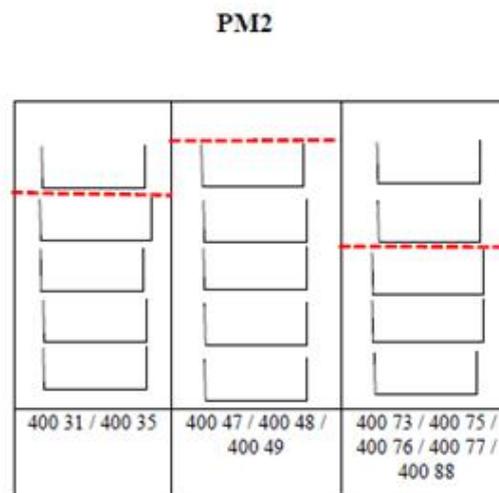
Figura VII.1. Cálculo do número de cartões *Kanban* com a fórmula de 2018

Cartão Kanban	Dimensão Lote	Consumo médio semanal (kg)	Desv. Padrão	Coefficiente de variação	Lead time (semanas)	Frequência Produção (EPE)	Stock de lead time (kg)	Stock da freq de reposição (kg)
400 31	250	576,70	509,22	0,88	1,11	0,4	640,14	230,68
400 35	250	240,14	214,58	0,89	1,33	0,4	319,39	96,06
400 47	250	1321,63	599,98	0,45	0,54	0,4	713,68	528,65
400 48	250	629,20	387,51	0,62	0,69	0,4	434,15	251,68
400 49	250	273,33	197,88	0,72	0,82	0,4	224,13	109,33
400 73	250	17,91	20,84	1,16	0,88	1,0	15,76	17,91
400 75	250	64,34	65,72	1,02	0,88	1,0	56,62	64,34
400 76	250	265,25	241,98	0,91	1,17	1,0	310,34	265,25
400 77	250	384,96	280,20	0,73	0,67	1,0	257,92	384,96
400 88	250	38,18	37,41	0,98	0,88	0,5	33,60	19,09

Stock de funcionamento (kg)	Stock seg variação da procura (kg)	stock de seg avarias (kg)	Stock segurança total (kg)	Ponto de encomenda (kg)	Ponto de encomenda (lotes)	Stock segurança total (lotes)	Stock da freq de reposição (lotes)	Stock máximo (nº lotes)
870,82	768,92	160,03	928,96	1569,09	7	4	1	8
415,44	371,22	79,85	451,07	770,46	4	2	1	5
1242,33	563,98	178,42	742,40	1456,08	6	3	3	9
685,83	422,39	108,54	530,92	965,07	4	3	2	6
333,46	241,41	56,03	297,45	521,58	3	2	1	4
33,67	39,18	3,94	43,12	58,88	1	1	1	2
120,96	123,55	14,15	137,71	194,33	1	1	1	2
575,59	525,10	77,59	602,68	913,02	4	3	2	6
642,88	467,93	64,48	532,41	790,34	4	3	2	6
52,69	51,63	8,40	60,03	93,62	1	1	1	2

Figura VII.2. Cálculo do número de cartões *Kanban* com a fórmula de 2019

## APÊNDICE VIII



→ Quadro kanban dividido em 3 grupos:

- 1º Grupo – 400 31 e 400 35
- 2º Grupo – 400 47, 400 48 e 400 49
- 3º Grupo – 400 73, 400 75, 400 76, 400 77 e 400 78

→ Limites:

- 1º Grupo – 4 cartões kanban
- 2º Grupo – 5 cartões kanban
- 3º Grupo – 3 cartões kanban

→ REGRAS:

- Começar pelo grupo que tiver cartões kanban no limite ou mais próximo do limite.
- Dentro de cada grupo fazer as peças iguais, sempre que for possível.
- Mudar de grupo **APENAS** quando o outro grupo atingir o limite.

### EXCEÇÃO

- Fazer sempre **peelo menos 2 cartões kanban** de cada grupo, mesmo que outro grupo esteja no limite.

**Figura VIII.1.** Guia para reorganização do quadro *Kanban* para a PM2

