

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



FEUP

Implementação de práticas *Lean* numa linha de produção eletrónica

Mário Jorge Ferreira Rodrigues

VERSÃO FINAL

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Major Automação

Orientador na FEUP: Prof. Doutor Américo Azevedo
Orientador na Preh Portugal: Engº Luís Lobo

27 de Julho de 2012

© Mário J. F. Rodrigues, 2012

Resumo

O presente relatório de Dissertação teve como objetivo o estudo e implementação de práticas *Lean* em ambiente industrial, cujo projeto foi dividido em duas fases distintas. Numa primeira fase abordaram-se as ferramentas e metodologias *Lean*, que consistiu num levantamento do estado da arte e numa reflexão crítica do autor. A segunda fase, realizada na empresa Preh Portugal, passou pela implementação prática das metodologias que suportam a filosofia *Lean* e do estudo sobre o impacto que estas tiveram na organização.

O projeto centrou-se na secção eletrónica e veio complementar um projeto interno que decorre desde o início do ano. Neste sentido, o autor ingressou numa equipa de melhoria que tem como principal meta a redução do WIP para um valor objetivo até ao final do ano. Assim, este projeto foi orientado sobretudo à redução do produto em curso de fabrico, apoiado na implementação de práticas *Lean*.

Posto isto, inicialmente houve um período de adaptação e conhecimento de todos os processos da área de eletrónica, para que fosse possível aplicar eficazmente as ferramentas *Lean*. De facto, esta fase foi muito importante para o sucesso do trabalho, pois possibilitou um grande envolvimento com os colaboradores que detêm a maior parte do conhecimento, fundamental para a melhoria contínua.

A implementação de sistemas *Kanban* revelou ser uma ferramenta de enorme valor na gestão de *stocks*, contribuindo para a redução do excesso de inventário. Outra ferramenta de simples aplicação e com enorme impacto nas condições de trabalho dos colaboradores, são os 5S. De facto foi notória a melhoria da área de trabalho, o que se refletiu no aumento da satisfação dos colaboradores.

De realçar que as temáticas do *one-piece flow* e do fluxo contínuo constituíram um desafio muito interessante, tendo ficado demonstrado o seu nível de complexidade e o impacto que podem ter no WIP e no *lead time*. A metodologia SMED permitiu identificar o nível de ineficiência de *setups*, em que se perspetiva ganhos na ordem de 50% no tempo de mudança. A recorrência à gestão visual foi uma constante, e possibilitou que todos os sistemas aplicados fossem corretamente apreendidos e utilizados pelos colaboradores.

Este estudo de investigação, proporcionado pela FEUP e pela Preh Portugal, revelou ser muito estimulante e enriquecedor. Do ponto de vista científico, ficou patente o poder da filosofia *Lean* e o impacto que a sua correta aplicação pode ter em sistemas produtivos.

O sucesso deste projeto não pode ser entregue somente ao autor, mas também aos orientadores do estágio pelo seu apoio incondicional e elevado *know-how* transmitido, e a todos os colaboradores da Preh, pela sua elevada contribuição e motivação.

Abstract

This paper aimed to study and implement Lean practices in industrial environments, which project was divided into two distinct phases. In the first phase, Lean tools and methodologies were addressed, which included a survey of the state of the art and a critical reflection of the author. The second phase, held in Preh Portugal company, went through the practical implementation of methodologies that support the Lean philosophy and the study on the impact these had on the organization.

The project focused on the electronics section and was complementary to an internal project that runs since the beginning of the year. In this way, the author joined a team of improvement that has as main goal the reduction of WIP to a target value by the end of the year. Therefore, this project was primarily directed to the reduction of the product in progress, supported by the implementation of Lean practices.

That said, there was initially a period of adjustment and knowledge of all processes of the electronics section, so that the Lean tools could be effectively implemented. In fact, this phase was very important for the success of this work, it enabled a great involvement with employees who hold most of the knowledge, essential for continuous improvement.

The implementation of kanban systems proved to be a precious tool in the management of stocks, contributing to the reduction of excess inventory. Another tool simple to use and with enormous impact on working conditions of employees, are the 5S. There were remarkable improvements in the workplace which resulted in increased employee satisfaction. The subjects of one-piece flow and continuous flow constituted a very interesting challenge, having been shown the level of complexity and the impact it can have on WIP and lead time. The SMED methodology allowed us to identify the level of inefficiency of setups, in which we perspective gains on the order of 50% of the time change. The recurrence of visual management was a constant, and enabled all the applied systems to be correctly used and apprehended by employees.

This research project, provided by FEUP and Preh Portugal, proved to be very stimulating and enriching. From a scientific point of view, it was evident the power of Lean Philosophy and the impact of a correct application can take into production systems. The success of this project cannot be presented only to the author, but also to the internship mentors for their unconditional support and extensive know-how transmitted, and all employees of Preh, by their high contribution and motivation during the stage.

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto por me ter proporcionado uma formação sólida e de enorme valor, concedendo-me a honra de envergar o título de Engenheiro. Agradeço o apoio de todos os professores nesta caminhada, em especial do Professor Américo Lopes de Azevedo, pelo seu inextinguível contributo para minha formação profissional e enquanto pessoa.

À empresa Preh Portugal, o meu honroso agradecimento por ter proporcionado todas as condições para o sucesso deste projeto, em especial ao Diretor da Secção de Eletrónica, o Engenheiro Luís Lobo, pelo seu apoio incondicional, elevado *know-how* transmitido e pelo aconselhamento não só profissional como também pessoal.

Ao Diretor dos RH, o Sr. Henrique Soares, a minha gratidão pela oportunidade que me concedeu em contribuir para o sucesso da Preh. Ao Diretor de produção, o Sr. Ribeiro, que ajudou na conceção e implementação de todas as melhorias realizadas.

Gostaria igualmente de agradecer a todos os elementos da equipa ELWG, em especial ao Sr. Olavo Flora, ao António e ao Armindo, pela forma aberta e descontraída com que me receberam, e pela partilha de conhecimentos.

Um enorme agradecimento a todos os colaboradores que estiveram envolvidos nos projetos desenvolvidos, em especial aos chefes de turno Cristiano, Sérgio, Maria José e Isabel, pela paciência e apoio prestados.

Para finalizar, gostaria de agradecer à minha família e namorada, pela presença constante, pela paciência e disponibilidade com que sempre me apoiaram.

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos	vii
Índice.....	ix
Lista de figuras	xii
Lista de tabelas	xv
Lista de Gráficos	xvi
Abreviaturas e Símbolos	xvii
Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1 - Motivação	1
1.2 - Âmbito	1
1.3 - Objetivos	2
1.4 - O Problema e Resultados Esperados.....	2
1.5 - Metodologia e Planeamento	3
1.6 - Organização do Documento	4
Capítulo 2	5
Revisão da Literatura e Levantamento do Estado da Arte.....	5
2.1 - TPS - <i>Toyota Production System</i>	5
2.2 - <i>Just-In-Time</i>	7
2.2.1 - Fluxo Contínuo	8
2.3 - <i>Jidoka</i>	10
2.3.1 - <i>Andon</i>	10
2.3.2 - <i>Poka-yoke</i>	11
2.4 - <i>Kaizen</i>	11

2.4.1 - Ciclo <i>PDCA/PDSA</i>	12
2.5 - Tipos de Desperdício	13
2.6 - Metodologia 5S	17
2.7 - <i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	19
2.8 - Sistema <i>Kanban</i>	22
2.9 - SMED	24
2.10 - Gestão Visual.....	28
2.10.1 - <i>Balanced Scorecard (BSC)</i>	29
2.11 - Sistema <i>Push/Pull</i>	30
2.12 - Análise ABC e diagrama de Ishikawa	32
2.13 - Conclusão	33
Capítulo 3	35
Caso de estudo	35
3.1 - Caracterização Detalhada do Problema	35
3.1.1 - O paradigma do inventário.....	35
3.1.2 - O WIP e o seu impacto.....	36
3.1.3 - Possíveis causas do aumento do WIP	36
3.2 - Caracterização da Organização em Estudo	38
3.2.1 - Descrição do Processo Produtivo.....	39
3.2.2 - Secção Eletrónica.....	39
3.3 - Caracterização do Estado Inicial	41
3.4 - Melhoria da Gestão de Stock de PCBs	42
3.5 - Gestão Visual - Sistemas de Apoio À Produção	45
3.6 - Aplicação dos 5S na Área de ICT/ <i>Corte/Coating</i>	47
3.7 - Gestão de Materiais da <i>Versaflow/Inertec</i>	51
3.8 - Em Busca do Fluxo Contínuo	53
3.9 - Aplicação SMED na <i>Versaflow</i>	55
3.10 - Conclusão	57
Capítulo 4	61
Conclusão e Perspetivas Futuras	61
4.1 - Conclusão	61
4.2 - Perspetivas Futuras.....	62
Anexos	65
Anexo A - Planeamento de Atividades	65
Anexo B - Causas do aumento do WIP	66
Anexo C - Layout da secção de eletrónica	67
Anexo D - Análise Kanban para o stock de PCBs gravados	68
Anexo E - Procedimento do novo sistema de gestão de stock de PCBs gravados	70
Anexo F - Evolução dos indicadores do stock de PCBs	71
Anexo G - Análise ABC aos equipamentos de teste ICT.....	73
Anexo H - Cálculo do sistema <i>kanban</i> para o stock de materiais da <i>Versaflow</i>	75
Anexo I - Material de apoio ao estudo do fluxo contínuo	77
Anexo J - Proposta de melhoria baseada na metodologia SMED	80

Anexo K - Indicadores para análise final	81
Glossário.....	82
Referências	86

Lista de figuras

Figura 1.1 - Metodologia de estudo aplicada.	4
Figura 1.2 - Organização do documento.	4
Figura 2.1 - Casa do Sistema de Produção da Toyota (TPS) (Adaptado de [4]).	6
Figura 2.2 - Produção " <i>one-piece flow</i> " (em cima) e Produção em Lotes (em baixo).	8
Figura 2.3 - Modo de funcionamento do conceito <i>Jidoka</i> [19].	10
Figura 2.4 - Exemplos de aplicações de <i>Andon</i> [20].	11
Figura 2.5 - Exemplo de um sistema <i>Poka-yoke</i> (adaptado de [20]).	11
Figura 2.6 - Ciclo de melhoria contínua (PDCA) e a necessidade de uniformizar (SDCA) [7]...	12
Figura 2.7 - Modelo de melhoria com o ciclo PDCA (adaptado de [8]).	13
Figura 2.8 - Relação entre os três tipos de atividades (Adaptado de [10]).	14
Figura 2.9 - O problema da redução dos níveis de <i>stock</i> [11].	16
Figura 2.10 - Exemplo de Identificação " <i>Red-Tagging</i> "	18
Figura 2.11 - Fases da metodologia VSM.	20
Figura 2.12 - Simbologia utilizada no VSM (Fonte: Microsoft Visio 2010).	21
Figura 2.13 - Exemplo de um mapa VSM.	21
Figura 2.14 - Modo de funcionamento do sistema <i>Kanban</i>	22
Figura 2.15 - Variação do <i>stock</i> do ponto de vista do <i>Kanban</i>	23
Figura 2.16 - Dinâmica do processo de sistema de <i>Kanban</i> com cartões ([15]).	23
Figura 2.17 - Fases da implementação da metodologia SMED [22].	26
Figura 2.18 - Tempo consumido antes da aplicação do SMED [17].	27
Figura 2.19 - Tempo consumido depois da aplicação do SMED [17].	27
Figura 2.20 - Perspetivas do <i>Balanced Scorecard</i> [39].	29

Figura 2.21 - Sistema de produção de acordo com o modelo <i>Push</i>	30
Figura 2.22 - Sistema de produção de acordo com o modelo <i>Pull</i>	31
Figura 2.23 - Curva ABC.....	32
Figura 2.24 - Diagrama de Causa-Efeito	33
Figura 2.25 - Relação entre conceitos JIT e <i>jidoka</i> e os métodos a aplicar para eliminar o desperdício [13].	33
Figura 3.1 - Diagrama Causa-Efeito das possíveis causas do aumento do WIP.	37
Figura 3.2 - Exemplos de produtos da empresa Preh [38].	38
Figura 3.3 - Diagrama funcional da secção de eletrónica.	41
Figura 3.4 - Esquema do <i>Value Stream Mapping</i> do estado inicial.	41
Figura 3.5 - Causas possíveis para o aumento do WIP na Preh.....	42
Figura 3.6 - Supermercado de PCBs gravados antes (esquerda) e depois (direita).....	44
Figura 3.7 - Programa de apoio à produção do processo <i>Laser</i>	46
Figura 3.8 - <i>Poke-yoke</i> desenvolvido no programa de apoio ao planeamento de produção. ...	46
Figura 3.9 - Programa com indicadores de produtividade em tempo real para as linhas SMD.	47
Figura 3.10 - Exemplos de aplicações que tiram partido da gestão visual.	47
Figura 3.11 - <i>Layout</i> atual (esquerda) e <i>layout</i> futuro (direita) da área de corte/ICT/ <i>coating</i>	49
Figura 3.12 - Equipamento de limpeza disponível na área de ICT, corte e <i>coating</i>	49
Figura 3.13 - Registo fotográfico do antes e depois da melhoria feita à área do ICT.	50
Figura 3.14 - Excesso de <i>stock</i> de materiais no supermercado de produto acabado.	51
Figura 3.15 - Fluxo de informação e de materiais na gestão de <i>stock</i> inicial da <i>Versaflow/Inertec</i>	51
Figura 3.16 - Cartão <i>kanban</i> utilizado na gestão de materiais da <i>Versaflow</i>	52
Figura 3.17 - Esquema possível para os roteiros do fluxo contínuo.	54
Figura 3.18 - Esquema do <i>Value Stream Mapping</i> do estado final.	59
Figura 4.1 - Área de registo e remoção das peças do processo de <i>coating</i>	63
Figura 4.2 - Diferença da visibilidade do verniz com (direita) e sem (esquerda) luz negra. ...	63
Figura 0.1 - Planeamento temporal das tarefas realizadas neste estudo.	65
Figura 0.2 - <i>Layout</i> da secção de eletrónica da Preh.....	67

Figura 0.3 - Desenho da estante e definição das caixas do <i>stock</i> de materiais da <i>Versaflow</i>	75
Figura 0.4 - Diagrama funcional com as localizações de acumulação de WIP nos processos... ..	77
Figura 0.5 - Diagrama funcional do fluxo entre processos.	77
Figura 0.6 - Desenho do carro de apoio ao <i>setup</i> da <i>Versaflow</i>	80
Figura 0.7 - Deslocações do operador no <i>setup</i> antes (vermelho) e após (verde) o SMED.....	80

Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Diferenças e Vantagens do “ <i>One-piece flow</i> ” (Adaptado de [21]).	9
Tabela 2.2 - Classificação de ferramentas ou materiais de acordo com a sua utilização.....	17
Tabela 3.1 - Descrição dos processos da área de eletrónica.	40
Tabela 3.2 - Cálculos efetuados para a análise <i>Kanban</i>	43
Tabela 3.3 - Resultados alcançados com a melhoria da gestão de PCBs.	45
Tabela 3.4 - Resultados da análise da carga requerida por cada tipo de roteiro.	53
Tabela 3.5 - Atividades externas e internas realizadas durante a mudança de <i>setup</i>	55
Tabela 3.6 - Novo procedimento de <i>setup</i> proposto para a <i>Versaflow</i>	56
Tabela 0.1 - Relação entre os problemas e o seu impacto no WIP.....	66
Tabela 0.2 - Análise ABC aos equipamentos de teste ICT.	73
Tabela 0.3 - Cálculos efetuados para o ponto de reabastecimento e lote de reposição dos materiais da <i>Versaflow</i>	76
Tabela 0.4 - Legenda com os id's dos processos usados na análise de fluxo de valor.	77
Tabela 0.5 - Fluxo de valor entre processos (relativo ao processo seguinte) - Deve-se ler: "82% dos produtos que "saem" no processo 1 vão para o processo 2".	78
Tabela 0.6 - Fluxo de valor entre processos (relativo ao processo anterior) - Deve-se ler: "100% dos produtos que "entram" no processo 2 vêm do processo 1".	78
Tabela 0.7 - Dados do tempo de ciclo e da carga de cada processo.....	79
Tabela 0.8 - Valor da área ocupada pelos vários locais de acumulação de WIP, antes e depois do estágio.....	81

Lista de Gráficos

Gráfico 2.1 - Distribuição do tempo consumido nas atividades de troca de ferramentas.	25
Gráfico 3.1 - Impacto do tamanho dos lotes no inventário (esquerda) e nos Custos (direita) [26].	37
Gráfico 3.2 - Análise ABC às consolas de teste ICT	48
Gráfico 3.3 - Distribuição do tempo de setup da <i>Versaflow</i>	56
Gráfico 3.4 - Evolução da área ocupada pelo WIP.	58
Gráfico 3.5 - Variação do espaço ocupado pelas várias áreas do início para o fim do projeto.	58
Gráfico 0.1 - Diagrama de Pareto do consumo de PCBs.	68
Gráfico 0.2 - Variação do consumo do PCB com maior consumo no mês de Março.	69
Gráfico 0.3 - Variação do consumo do PCB com o segundo maior consumo no mês de Abril. .	69
Gráfico 0.4 - Variação do consumo do PCB com o terceiro maior consumo no mês de Maio. .	69
Gráfico 0.5 - Evolução do número de caixas de PCBs gravados.	71
Gráfico 0.6 - Evolução do número de PCBs gravados.	71
Gráfico 0.7 - Evolução do número de PCBs não gravados.	71
Gráfico 0.8 - Variação da taxa de ocupação da estante de PCBs gravados.....	72
Gráfico 0.9 - Evolução do valor do WIP e do <i>stock</i> de produto acabado.....	81

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas (ordenadas por ordem alfabética)

5s	<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke</i>
5W+2H	<i>What, Who, When, Where, Why, How, How much</i>
6M	Material, Mão-de-obra, Máquina, Medição, Métodos e Meio-ambiente
AOI	<i>Automated Optical Inspection</i>
BSC	<i>Balanced Scorecard</i>
CT	<i>Cycle Time</i>
DEEC	Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
EOL	<i>End Of Line</i>
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
FIFO	<i>First In, First Out</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>
ICT	<i>In-circuit Test</i>
ILF	<i>In-line Flash</i>
KPI	<i>Key Performace Indicator</i>
LR	Lote de Reposição
JIT	<i>Just-in-time</i>
MIEEC	Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
MRP	<i>Material Requirement Planning</i>
MTO	<i>Make-to-order</i>
MTS	<i>Make-to-stock</i>
OEE	<i>Overall Effectiveness Equipment</i>
PDCA	<i>Plan, do, check and act</i>
PDSA	<i>Plan, do, study and act</i>
PR	Ponto de reabastecimento
SAP	<i>Systems, Applications, and Products in Data Processing</i>
SDCA	<i>Standardize, do, check and act</i>
SMD	<i>Surface-Mount Device</i>

SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
TMC	<i>Toyota Motors Company</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WIP	<i>Work In Process</i>

Capítulo 1

Introdução

Este documento tem o propósito de expor um projeto de dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (MIEEC) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). O trabalho de investigação foi realizado em ambiente industrial, numa empresa do ramo da eletrónica automóvel, e tinha como principal objetivo a redução do WIP conseguida através do estudo e aplicação de práticas *Lean*.

Neste capítulo é realizada uma breve introdução ao problema, quais os objetivos e resultados esperados, e as razões que levaram a organização e o autor a optarem por técnicas *Lean* em busca de soluções.

1.1 - Motivação

Com a competitividade do mercado a aumentar dia após dia, urge a necessidade das empresas adotarem práticas e estratégias para se tornarem cada vez mais capazes e competitivas. O pensamento *Lean* surge como uma “arma” a qual muitas empresas têm recorrido em busca da melhoria contínua.

A presente investigação surgiu com base nesta necessidade, pretendendo-se demonstrar a importância e o impacto do *Lean* em processos produtivos, e consequentemente, na performance das organizações.

1.2 - Âmbito

O *Lean* não é uma estratégia ou tática que as organizações possam adotar, mas sim uma forma de pensar e atuar de toda a organização. Os termos “transformação” ou “transformação *Lean*” são empregues regularmente quando uma empresa se encontra em mudança de pensamento e atitude para ir de encontro à filosofia *Lean Manufacturing*. Este tipo de mudança é um processo longo, que requer perseverança e envolvimento, não só da gestão de topo mas também dos operadores e de todos os *stakeholders*¹ da organização.

¹ *Stakeholder* - Em português significa “parte interessada” ou “interveniente”.

Posto isto, é evidente a necessidade da mobilização ao chão de fábrica para que este tipo de investigação tenha sucesso. Tendo sido a empresa Preh Portugal a anfitriã, foram estudados processos produtivos com vista a identificar pontos críticos e possíveis problemas, aplicando posteriormente soluções *Lean*, em busca da melhoria contínua.

1.3 - Objetivos

No âmbito deste trabalho pretende-se estudar a aplicabilidade de práticas *Lean* em ambiente produtivo real, sendo que inicialmente foi realizado um estudo de práticas e ferramentas *Lean*, que posteriormente foram aplicadas na empresa.

O objetivo principal desta dissertação passa pela identificação de problemas e de oportunidades de melhoria, com o intuito de eliminar desperdício dentro da organização. Assim, pretende-se atingir a melhoria de processos e atividades de uma cadeia de produção de componentes eletrónicos, que passará pela sensibilização, motivação e envolvimento de todos os colaboradores da organização, no sentido de uma mudança e melhoria contínua dos processos produtivos.

Finalmente, e como última consequência, pretende-se ver uma redução do produto em curso de fabrico (*Work In process* - *WIP*) na cadeia de produção estudada. Em todo o trabalho deverá ainda ser demonstrada a importância da filosofia *Lean Manufacturing*, bem como o seu impacto nos processos produtivos e nas organizações.

1.4 - O Problema e Resultados Esperados

A organização compreende as dificuldades do mercado atual e reconhece a necessidade de melhorar para se manter competitiva. Deste modo, em linha com a cultura de melhoria contínua, colocou em prática um movimento de melhoria que cobriu todas as áreas, produtivas e não produtivas, incluindo a área em que se insere este estudo. Trata-se de um projeto de caráter interno que está a cargo de uma equipa (*ELWG - Electronic Working Group*), na qual o autor esteve em permanente contato, apresentando uma postura proactiva sempre com o objetivo de motivar e criar valor acrescentado ao longo do projeto.

O objetivo interno, traçado pela gestão, é a redução do produto em curso de fabrico (*WIP*), que deverá ser atingido com a eliminação de desperdício e a melhoria de processos e atividades. Para isto, este estudo deverá cobrir as áreas de planeamento de operações, gestão de *stocks* e de materiais, produção, entre outras.

Além deste objetivo, espera-se conseguir uma aproximação de todos os colaboradores à filosofia *Lean*, garantindo a sua envolvimento e interesse na resolução de todos os problemas. Pretende-se assim, que os colaboradores se sintam motivados e orgulhosos pela melhoria alcançada, facilitando não só o processo de conceção e aplicação de soluções, bem como, de toda a manutenção do sistema no futuro.

Através de uma atitude de envolvimento com todos os colaboradores, e a participação ativa destes no processo, espera-se inculcar boas práticas para os motivar a procurar diariamente causas de desperdício, tentando com isto evitar resistência à mudança. O raio de ação não deverá incluir apenas os operadores, mas também as chefias e supervisores, que deverão ter espírito de liderança e ser modelos de referência para os elementos hierárquicos inferiores.

1.5 - Metodologia e Planeamento

Este projeto dividiu-se em duas grandes fases, que cobriram não só a fase de estadia na organização, mas também a preparação feita antes da ida para a empresa.

A primeira parte diz respeito ao estudo teórico das técnicas e ferramentas a usar, que corresponde basicamente ao apresentado no capítulo seguinte. Nesta fase, foi também realizado um planeamento e organização das atividades a levar a cabo na parte seguinte.

A segunda parte foi concretizada em ambiente industrial e correspondeu à implementação prática dos conceitos adquiridos previamente, estando dividida em sete fases que foram delineadas em colaboração com a empresa (Figura 1.1):

- Adaptação ao ambiente laboral: aqui pretende-se adquirir conhecimentos gerais do funcionamento de toda a organização e dos seus processos;
- Medição e monitorização dos processos: nesta fase deverão ser realizadas medições e registos de indicadores que irão ser o sustento do estudo;
- Identificação de pontos críticos: os dados recolhidos deverão ser aqui analisados para identificação de problemas e pontos críticos que poderão ser transformados em situações de melhoria;
- Planeamento de ações de melhoria: após ter-se identificado as situações problemáticas, deve-se traçar um plano de ações corretivas para combater o potencial desperdício. Devem também ser traçados objetivos de melhoria;
- Implementação de soluções Lean: o plano delineado anteriormente deverá ser implementado com a aplicação de técnicas e ferramentas *Lean*;
- Verificação e estudo do impacto das soluções: é necessário verificar e estudar o impacto do plano levado a cabo anteriormente, para garantir que os resultados obtidos vão de encontro aos objetivos traçados. Em situação de desvio, deve-se rever o plano e alterar o que se considerar ser necessário, voltando à fase 3;
- Normalização e formação: assim que os resultados forem satisfatórios, deve-se normalizar e garantir que as boas práticas sejam compreendidas e aplicadas por todos.

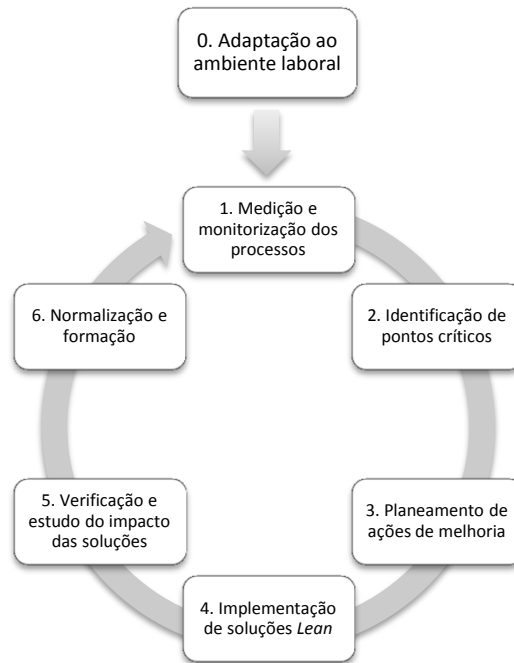


Figura 1.1 - Metodologia de estudo aplicada.

O planeamento das duas grandes fases supramencionadas e das respetivas atividades encontram-se no Anexo A.

1.6 - Organização do Documento

Este documento encontra-se estruturado em 4 capítulos (Figura 1.2), que se aconselha que sejam lidos pela mesma ordem que se encontram expostos, para que o leitor compreenda da melhor forma todo o projeto.

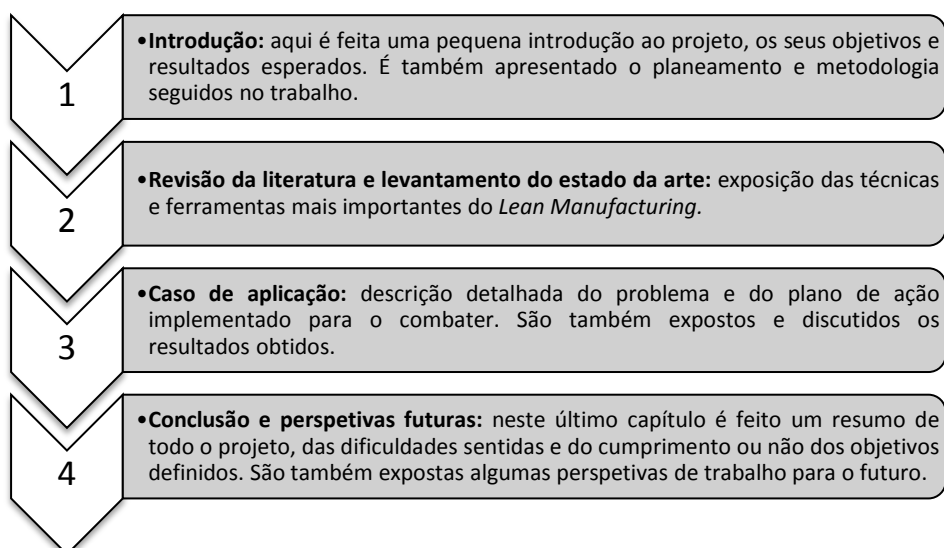


Figura 1.2 - Organização do documento.

Capítulo 2

Revisão da Literatura e Levantamento do Estado da Arte

Neste capítulo encontra-se um estudo teórico realizado às ferramentas e práticas *Lean*. É inevitável que esta exposição se inicie pela apresentação do *Toyota Production System* (TPS), uma vez que foi na Toyota que a filosofia *Lean* nasceu e se desenvolveu. Além disto, são expostos os 7 tipos de desperdício e várias ferramentas e metodologias que têm o objetivo de reduzir o *muda*. Espera-se que com a leitura desta revisão, o leitor possua as bases suficientes para compreender a aplicação prática exposta no capítulo 3.

2.1 - TPS - *Toyota Production System*

A Toyota é uma das empresas mais mediáticas do mundo, atraindo a atenção não só de jornalistas, mas também de investigadores, gestores e concorrentes de mercado. A razão é simples: *Toyota Production System*. A multinacional produtora de automóveis excedeu diversas vezes a concorrência em termos de produtividade, qualidade, fiabilidade, vendas, quota de mercado, entre outros [1]. O sucesso da Toyota torna-se evidente através da análise do ranking mundial dos maiores construtores, em termos de volume de vendas, que desde a década de 60 tem vindo a subir, sendo considerada em 2008 o maior construtor de automóveis [2].

O TPS surgiu nos anos 1950s através de Taiichi Ohno, altura em que ocupava o cargo de engenheiro na Toyota Motors Company (TMC), tendo mais tarde o contributo de Shigeo Shingo. O prometedor sistema de produção sofreu alterações ao longo de décadas, dando origem à filosofia *Just In Time* (JIT) e posteriormente, nos anos 1990s, ao *Lean Thinking* [3].

É frequente representar-se este sistema na forma de um edifício, exemplificado na Figura 2.1, uma vez que um edifício é considerado um sistema estruturado, sendo apenas robusto se o telhado, os pilares e os alicerces forem resistentes.

Com esta analogia, fica clara a orientação ao cliente do sistema da Toyota, que através da elevada qualidade, baixo custo e reduzidos tempos de entrega dos seus produtos, tenta criar o máximo valor possível para o cliente.

Em termos de desenvolvimento, o objetivo era suplantar a competição na área do conhecimento, gerando melhor conhecimento e aplicando-o o mais eficazmente possível. Em termos de produção, a ideia era ultrapassar a concorrência utilizando ciclos curtos, pequenos lotes e filas de espera, e parando a produção quando necessário para a identificação e correção de problemas, atacando o desperdício.

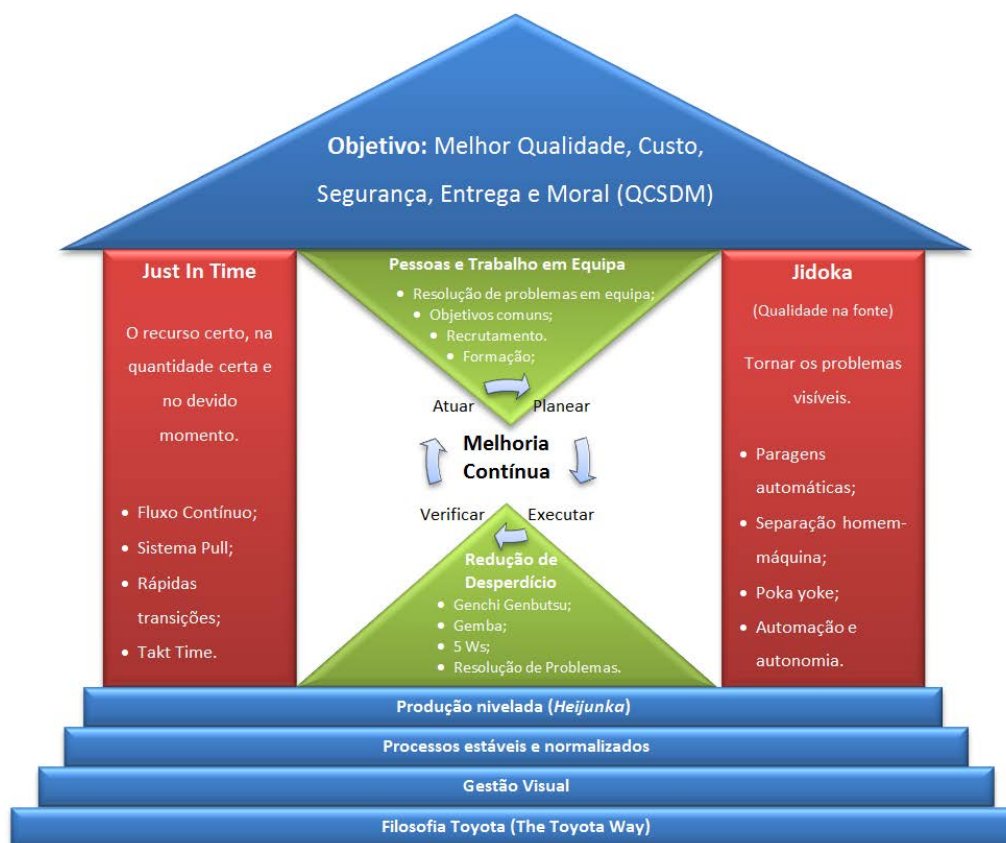


Figura 2.1 - Casa do Sistema de Produção da Toyota (TPS) (Adaptado de [4]).

Para atingir esse objetivo, a Toyota apoiou-se em dois conceitos, que serão aprofundados ainda neste capítulo:

- *Just In Time* - Produzir nem mais cedo nem mais tarde, nem mais nem menos, apenas e só o necessário;
- *Jidoka* - Automação apoiada na ação humana, com o objetivo de não deixar passar para a estação seguinte produtos ou serviços defeituosos.

Para que toda a organização possa tirar partido deste sistema, será necessário que o mesmo seja estável e equilibrado, recorrendo assim à gestão visual, à produção nivelada e a processos normalizados. Um escalonamento de produção equilibrado, ou *Heijunka*, tanto em quantidade como em variedade, é importante para manter a estabilidade do sistema, e baixos níveis de WIP² e *stocks*.

² Work In Process (WIP) - Itens entre máquinas/processos à espera de serem processados.

No centro do sistema encontram-se as pessoas, que devem ser consideradas o bem mais precioso de qualquer organização, Liker [4] afirmou que “o poder por detrás do TPS é o compromisso da organização no investimento contínuo nas pessoas e no incentivo à prática de uma cultura de melhoria contínua”. As pessoas devem ser constantemente treinadas para “ver” desperdício e para resolver problemas. Para isso, é necessário ir ao local de trabalho (*gemba*) e aplicar, por exemplo, a metodologia 5W2H, em que devem ser feitas sete perguntas na tentativa de identificar as causas do problema. Só com uma ida ao local da ocorrência é que é possível ver o que realmente está a acontecer (*genchi genbutsu*).

Apesar de todas estas técnicas e metodologias serem públicas e estarem sobejamente estudadas e documentadas, muitas das organizações que tentaram aplicar este sistema obtiveram resultados muito aquém dos da Toyota. Uma causa possível para tal “fracasso”, adiantam Spear e Bowen [5], poderá dever-se ao facto de as organizações “confundirem as ferramentas e as práticas com o próprio sistema em si”. O sucesso da Toyota deve-se sobretudo à sua capacidade de cultivar liderança, trabalho em equipa, e na sua constante motivação e formação dos seus colaboradores.

2.2 - Just-In-Time

O *just in time* e o *jidoka* são, como anteriormente se evidenciou, os dois pilares do sistema TPS. Ambos os conceitos são muito importantes no seio da filosofia *Lean*, mas a correta compreensão e aplicação do *just in time* numa organização é crucial para se poder considerar uma organização “*Lean*”.

As origens do JIT (*just in time*) estão na empresa Toyota Motors Company, que nos anos 1950s deu início ao desenvolvimento do sistema de produção da Toyota (TPS), como foi referido anteriormente. O JIT não é uma ferramenta nem um método, é uma filosofia de gestão global, que encerra em si vários conceitos, ferramentas e metodologias.

O objetivo é eliminar todas as fontes de desperdício e tudo o que não acrescenta valor à organização. O princípio para atingir este fim é simples: só produzir o que é pedido pelo cliente e só quando ele o pretende, ou seja, não constituir *stocks*, seja de produtos acabados ou intermédios.

A implementação do JIT depende da aplicação de quatro conceitos: fluxo contínuo, sistema *pull*, transições rápidas e *takt time*³. No entanto, antes sequer de se implementar o JIT, as organizações devem garantir que não têm os seguintes problemas:

- Fraca relação com os fornecedores, ou fornecedores pouco fiáveis;
- Problemas e avarias frequentes dos equipamentos;
- *Layouts* desorganizados e pouco eficazes;
- Problemas de qualidade;
- Absentismo e falta de interesse dos colaboradores.

Duas das metodologias mais importantes desta filosofia são o sistema *kanban* e o SMED, que serão desenvolvidas noutros capítulos.

³ *Takt time* - Tempo disponível para a produção em função da necessidade do cliente.

A principal vantagem do JIT é a redução de custos, que é conseguida através de:

- Redução de *stocks*: já não é necessário ocupar tanto espaço com o aprovisionamento de recursos e materiais, bem como, a gestão destes;
- Redução de tempo: é possível atingir o mesmo nível de produção em menos tempo e com os mesmos recursos humanos;
- Aumento da qualidade: com a redução de defeitos atinge-se um produto com maior qualidade, reduzindo custos de não-qualidade (*rework*⁴, *scrap*⁵, etc).

A desvantagem deste sistema prende-se com a sua dependência face ao mercado exterior e aos fornecedores. Se houver um problema com fornecedores, por exemplo, pode originar a paragem de toda a cadeia de produção, resultando em custos enormes para a organização. Para evitar este problema, é comum as organizações recorrerem a *stocks* de segurança.

2.2.1 - Fluxo Contínuo

Para se tornarem *Lean*, as organizações têm que criar fluxo contínuo sempre que possível. O objetivo é diminuir o tempo que demora a produzir e entregar o produto ao cliente, contribuindo assim para uma melhor qualidade, a um menor custo e com um tempo de entrega mais curto. A situação ideal é produzir e transportar uma peça de cada vez entre processos, em inglês conhecido como *one-piece flow*. Porém, em muitas situações tal não é viável, havendo a necessidade de produzir em lotes.

Algumas vantagens do *one-piece flow* são:

- Menor *lead time* e menos produtos em processo de fabrico (WIP);
- Detecção de defeitos mais cedo;
- Maior flexibilidade do processo produtivo (melhor resposta à procura);
- Menores custos (redução de desperdício de inventário, transporte, tempo de espera e defeitos).

Na Figura 2.2, encontram-se exemplificadas as diferenças entre produção em lote e o *one-piece flow*.

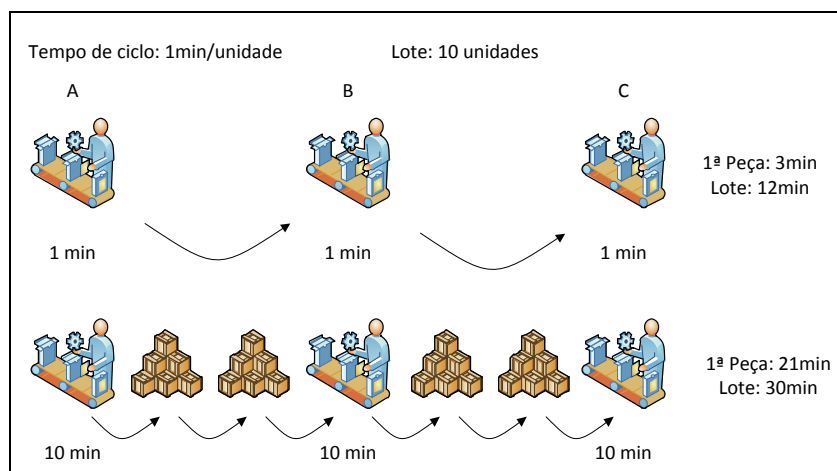


Figura 2.2 - Produção "one-piece flow" (em cima) e Produção em Lotes (em baixo).

⁴ *Rework* - Termo inglês que significa retrabalho (trabalhar novamente).

⁵ *Scrap* - Termo inglês que significa sucata.

Tradicionalmente as organizações dividem o sistema de produção em departamentos e pequenas áreas (por exemplo, pintura, montagem e inspeção), o que cria logo barreiras ao fluxo contínuo. É comum também a gestão optar por produzir em grandes lotes para evitar problemas de capacidade, uma vez que, diminui o tempo de paragens dos equipamentos devido a mudanças de *setup*. Contudo, este tipo de filosofias vai contra o pensamento *Lean*, que redireciona esforços para a redução de tempos de *setup* e para a redução de lotes, combatendo assim o desperdício.

Antes de poder aplicar eficazmente um sistema deste tipo, as organizações devem garantir que cumprem os seguintes requisitos:

- Tempos de *setup* curtos;
- Processos equilibrados do ponto de vista do tempo de ciclo e outras características (por exemplo, capacidade e eficiência);
- Processos com alto *uptime*⁶ (≈100%) e baixa percentagem de produtos não conformes;
- Toda a cadeia deve estar dimensionada para produzir uma unidade abaixo do *takt time*.

Em suma, as diferenças e vantagens entre os dois tipos de fluxo são as seguintes:

Tabela 2.1 - Diferenças e Vantagens do “One-piece flow” (Adaptado de [21]).

Impacto	One Piece Flow	Lotes
Operadores	Trabalham como uma equipa num sistema. Resposta imediata a erros detetados por colegas no processo a jusante. Alta motivação.	Trabalham para a equipa do seu próprio processo. Falta de uma atitude de colaboração proactiva entre equipas. Não têm noção do impacto dos seus erros.
Produtividade	Cada parte do sistema puxa trabalho para si e evita que sejam criados <i>bottlenecks</i> . Boa visibilidade de colaboradores parados ou sobrecarregados.	Sujeito à acumulação de trabalho se a procura ou oferta alterar. Grandes quantidades de trabalho que não acrescenta valor.
Liderança e envolvimento	A equipa toma posse do trabalho e mantém-se fiel às regras de trabalho estabelecidas. Quaisquer problemas que possam afetar o sistema são imediatamente detetadas.	Necessidade de supervisão a 100% dos colaboradores. Problemas são escondidos pela acumulação de trabalho.
Clientes	Tempo de ciclo é muito rápido e previsível. Erros são detetados cedo e ajustamentos são logo realizados.	Tempo de ciclo é muito longo ou muito variável. Erros são corrigidos muito tarde.
Departamentos de negócio (vendas, IT, etc)	Resposta imediata à necessidade de <i>rework</i> do feedback recebido das vendas. Não há necessidade de escalonamento uma vez que o tempo de ciclo é curto.	Grandes quantidades de <i>rework</i> . Necessidade de organização constante das encomendas em progresso.

⁶ *Uptime* - Termo inglês que significa “tempo em atividade”, e é a quantidade de tempo que um recurso está ligado sem paragens.

2.3 - Jidoka

A origem do *Jidoka* está ligada à automação da máquina de tear inventada por Sakichi Toyoda (1867-1930), a palavra japonesa significa “automação com toque humano”. O problema do tear, identificado por Toyoda, era que este continuava a funcionar mesmo que um fio se rompesse, sendo o defeito detetado só no fim da produção, resultando em grandes quantidades de tecido não conforme. A solução implementada por Toyoda passou por dotar a máquina com a capacidade de parar quando detetasse defeito na linha, assim como, dando “liberdade” à máquina para parar quando atingisse o fim da linha ou a quantidade de produção programada.

Isto deu origem ao *jidoka*, que na sua essência significa munir os equipamentos de dispositivos ou recursos e os operadores de autonomia, com o intuito de serem capazes de parar a produção ao detetar anomalias, evitando custos de *rework* e *scrap* (Figura 2.3). Além disto, o conceito engloba também a autonomia dada aos operadores para pararem a linha, caso encontrem alguma anomalia.

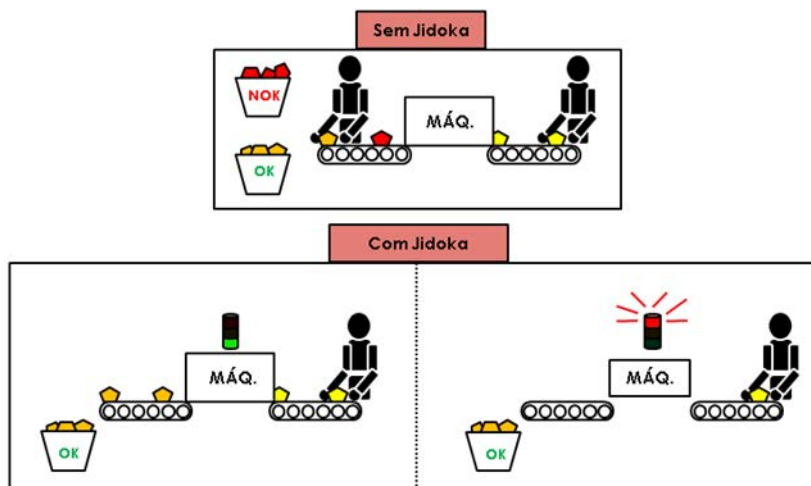


Figura 2.3 - Modo de funcionamento do conceito *Jidoka* [19].

2.3.1 - Andon

A paragem deve ser seguida de uma sinalização utilizando, por exemplo, o *Andon* (lanterna), que se trata de um controlo visual para “pedir ajuda”. O sinal pode ser em forma de texto, gráfico, áudio ou luz. O sinal luminoso é o mais comum, que pode ser conseguido, por exemplo, utilizando um semáforo de quatro cores: azul (necessita de materiais), verde (situação normal - em produção), amarelo (paragem iminente) e vermelho (situação anómala - produção parada). Algumas aplicações de *andon* encontram-se exemplificadas na Figura 2.4.



Figura 2.4 - Exemplos de aplicações de Andon [20].

2.3.2 - Poka-yoke

Uma outra técnica que se encontra associada ao conceito de *jidoka* é o sistema *Poka-yoke* (Figura 2.5), que significa “à prova de erro”. Consiste num dispositivo ou mecanismo que tem como função evitar erros humanos, por exemplo, em tarefas de *setup*. Segundo Shingo [28], “o *Poka-Yoke* é uma técnica de prevenção para evitar possíveis erros humanos na realização de qualquer atividade produtiva”.

Os defeitos são causados, muitas das vezes, por erros humanos. Estes devem ser identificados e combatidos com mecanismos que previnam a repetição da sua ocorrência. Shingo afirmou que [29], “As causas dos defeitos residem em erros dos trabalhadores e os defeitos são a consequência de negligenciar esses erros. Os erros não resultarão em defeitos se forem eliminados atempadamente”.

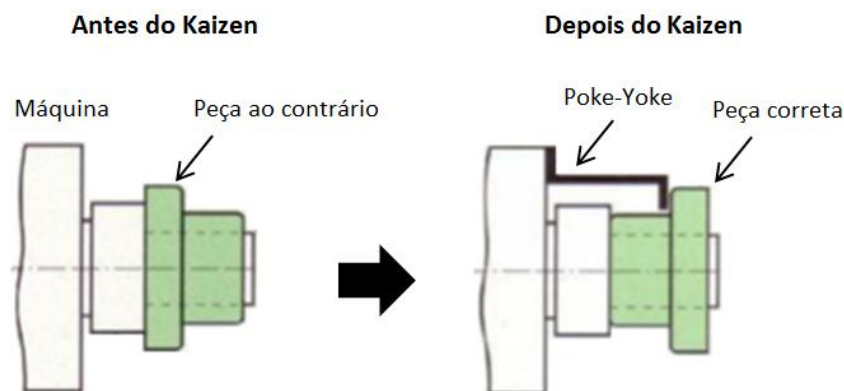


Figura 2.5 - Exemplo de um sistema *Poka-yoke* (adaptado de [20]).

2.4 - Kaizen

“Existem duas abordagens para a resolução de problemas. A primeira envolve a inovação - aplicação da mais recente tecnologia ao menor custo - e investimento de grandes somas. A segunda abordagem utiliza o bom senso, ferramentas de baixo custo, checklists e esforços, para os quais não precisamos de muito dinheiro. Esta abordagem começa com Kaizen. O Kaizen envolve todos na organização, e o trabalho em equipa é o segredo do sucesso.”

Masaaki Imai (1997) [6]

O *Kaizen* é uma das filosofias que sustenta o sistema de produção da Toyota, surgiu após a segunda guerra mundial no Japão, tendo sido mais tarde reconhecido mundialmente através de Masaaki Imai com o livro “*Kaizen: The Key to Japan’s Competitive Success*”. A palavra *Kaizen* é a aglutinação de duas palavras Japonesas: “*Kai*” que significa “mudança” e “*Zen*” que significa “bom”, porém é comum encontrar-se traduzida em “melhoria contínua”.

É inevitável, quando se está a explorar o *Kaizen*, referenciar-se também o *Lean*, porém são conceitos diferentes. *Lean* pode ser considerado como o fim ou o objetivo a atingir, enquanto que o *Kaizen* será a forma ou o caminho para se atingir esse fim, ou seja, todas as ferramentas e metodologias usadas para manter o sistema livre de desperdício.

Segundo Imai [30], *Kaizen* é “*melhoria constante de toda gente, todos os dias, em todo o lado*”, conseguida através de muito esforço, trabalho e dedicação. Esta melhoria é obtida por todos os colaboradores, desde a gestão de topo até ao operador, focando esforços na eliminação de todo o tipo de desperdício. Apesar de este ser um processo lento e incremental, os ganhos a longo prazo são impressionantes.

2.4.1 - Ciclo PDCA/PDSA

O ciclo PDCA desenvolvido por William Edwards Deming, considerado um dos gurus da qualidade, em 1950 no Japão, foi um dos conceitos influentes na fundação do *Kaizen*. Orientado à resolução de problemas, este ciclo enfatiza a prevenção do erro através da normalização e da “re-normalização”, em busca da melhoria contínua.

Esta metodologia é composta por quatro fases:

- *Plan* (planear): definição do problema, bem como das suas possíveis causas e soluções. Estabelecimento de um plano corretivo e objetivos a atingir;
- *Do* (fazer): Implementar o plano e recolher dados para análise futura;
- *Check* (verificar): Verificar se os dados recolhidos na fase anterior vão de encontro aos objetivos traçados na primeira fase. Registrar e estudar desvios;
- *Act* (agir): Analisar os desvios mais graves, em busca da causa raiz do problema. Se as contramedidas forem eficazes, normalizar, caso contrário será necessário outra iteração do ciclo.

Há semelhança do que se constatou anteriormente na casa do TPS, a estabilidade no sistema é muito importante para que a melhoria seja possível. Sempre que se efetuar qualquer alteração no sistema é necessário normalizar, processo que é habitualmente denominado de SDCA: *Standardize* (normalizar), *Do* (fazer), *Check* (verificar) e *Act* (agir). A Figura 2.6 pretende demonstrar a relação da melhoria contínua com o PDCA e o SDCA.

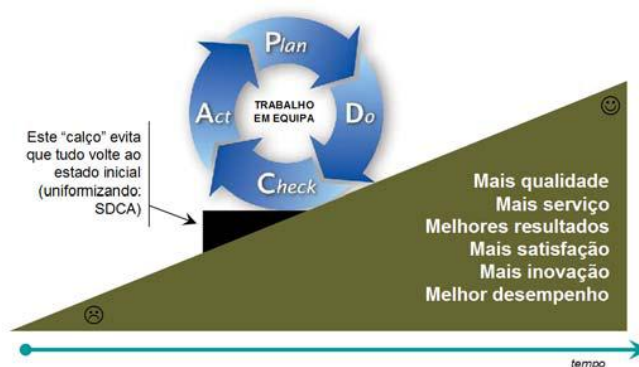


Figura 2.6 - Ciclo de melhoria contínua (PDCA) e a necessidade de uniformizar (SDCA) [7].

Desde a sua origem até aos dias de hoje, o ciclo de Deming foi sofrendo algumas alterações. Primeiro, em 1993, alterou a sigla para PDSA, substituindo o “Check” por “Study” (estudar). A razão, segundo Deming [8], deveu-se ao facto de a palavra “verificar” enfatizar inspeção sobre análise. Na realidade, o objetivo da terceira fase deverá passar pela obtenção de conhecimento e não só por uma simples verificação. Só através do conhecimento é possível prever se uma determinada alteração resultará, ou não, em melhoria.

Mais recentemente, o ciclo foi inserido num “Modelo de Melhoria” centrado em três questões, como exposto na Figura 2.7. Este modelo tenta equilibrar a ambição e as recompensas da ação com o estudo cuidadoso antes de agir.



Figura 2.7 - Modelo de melhoria com o ciclo PDCA (adaptado de [8]).

Em suma, o processo de *Kaizen* é um processo incremental e contínuo, que abrange toda a organização e requer envolvimento das pessoas. A crença dos colaboradores nos resultados, que só se avistam a longo prazo, é um passo importante para o sucesso na melhoria contínua. Todos os colaboradores devem trabalhar diariamente em busca da melhoria em algo que os rodeia, devem ser proactivos e interessados, segundo Ishikawa [41], “*se os procedimentos e regulamentos não sofrerem alterações ao longo de seis meses, é a prova que ninguém os usa*”.

2.5 - Tipos de Desperdício

“Desperdício é qualquer atividade humana que absorve recursos mas não cria valor como: erros que exigem retificação, produção de itens que ninguém deseja, acumulação de mercadorias de stocks, etapas de processamento que na verdade não são necessárias”

Womack [9]

O *Lean* na sua essência significa o combate ao desperdício, ou *Muda*, palavra japonesa usualmente recorrida em ambiente industrial. Segundo Taiichi Ohno [31], “*desperdício é tudo aquilo que não agrega valor ao cliente*”, que pode ir desde materiais e produtos defeituosos, até a atividades desnecessárias. Uma vez que a vantagem competitiva mede-se pelo valor que as organizações criam e por aquilo que pedem em troca, é importante que apostem numa filosofia *Lean* para que esta relação melhore e se tornem mais competitivas.

Segundo P. Crosby [32], “*A qualidade é de graça. Não é uma oferta, mas é de graça*”, uma vez que, um maior nível de qualidade conduz a uma redução dos custos. Crosby defendia ainda que, “*O que custa dinheiro é a falta de qualidade, isto é, não fazer bem à primeira*”. É fundamental que as organizações assimilem este conceito, percebendo que o desperdício apenas gera custos e perda de tempo, e que este pode ser evitado apenas com uma melhor organização e sem necessidade de realizar investimentos significativos.

O desperdício pode representar 95% do tempo total de um processo, sendo os restantes 5% o tempo em que realmente é criado valor. Erradamente, muitas das organizações orientam esforços para reduzir o tempo de criação de valor, em vez de concentrarem as atenções nas atividades que não agregam valor e que são desnecessárias. Como Peter Drucker afirmou [13], “*Não há nada mais inútil do que fazer de forma eficiente algo que nunca deveria ter sido feito*”. Assim, as atividades podem dividir-se em três tipos:

- Atividades que acrescentam valor;
- Atividades que não acrescentam valor mas são necessárias;
- Atividades que não acrescentam valor e não são necessárias.

A forma como estas atividades se relacionam está representada na Figura 2.8:

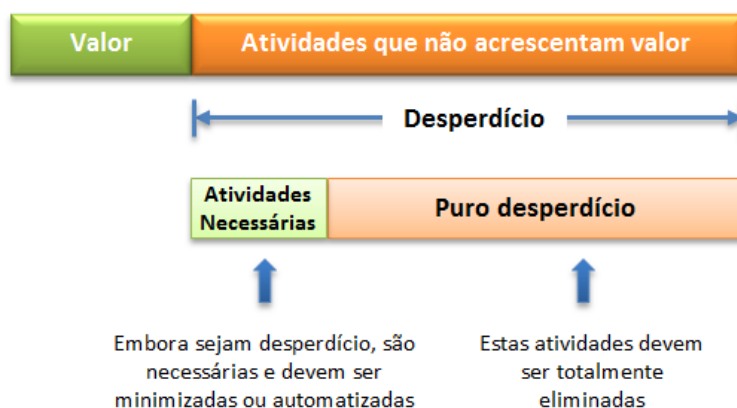


Figura 2.8 - Relação entre os três tipos de atividades (Adaptado de [10]).

Para Ohno [14], esta relação era evidente, “*Tudo o que estamos a fazer é observar a linha temporal, desde o momento em que o cliente coloca a encomenda até recebermos o seu pagamento. E estamos a reduzir essa linha de tempo removendo todas as atividades que não acrescentam valor*”. Ohno apresentou ainda a sua perceção de desperdício, ao classificar sete tipos distintos de desperdício:

Excesso de produção

Significa produzir mais do que o necessário, ou seja, mais do que o cliente procura, ou demasiado cedo. Produzir em excesso acarreta custos desnecessários relativos, por exemplo, a mão-de-obra e recursos. Este tipo de desperdício ocorre muitas das vezes devido a planeamento deficiente, produção desnecessária, e preocupação das organizações em produzir grandes lotes para evitar custos de, por exemplo, *setup*⁷ e paragem dos equipamentos. Imai considerava [40] “*pior a produção em excesso do que a produção por defeito*”. Num sistema *Lean*, deve-se produzir de acordo com a procura, na quantidade exata e no tempo devido.

Transporte

As deslocações desnecessárias de pessoas, materiais ou informação é um tipo de desperdício que afeta toda a organização em termos de custos, tempo e energia. Algumas das causas poderão prender-se com o planeamento deficiente, um local de trabalho inadequado ou um *layout* da planta fabril desajustado.

Tempos de espera

A origem deste desperdício deve-se à inatividade de pessoas, recursos, equipamentos ou informação, e tem como consequência principal o aumento do lead-time. A falta de equipamento/materiais adequados, o mau balanceamento das linhas ou a manutenção deficiente do equipamento, são algumas das causas. Apesar das causas serem diferentes, o resultado é sempre idêntico: recursos inativos, aumento de custos, quebra de ritmo e falha de compromisso com o cliente.

Processos inadequados

O desperdício associado aos processos inclui a aplicação de recursos, ferramentas, equipamentos ou atividades, de forma excessiva ou incorreta. Muitas das vezes são processadas atividades ou operações que não acrescentam valor para o cliente, isto poderá ser devido, por exemplo, a processos mal documentados ou conceção deficiente do produto ou serviço.

Inventário

Muda associado ao inventário refere-se a qualquer produto, matéria-prima ou equipamento que se encontre em quantidade superior do que o necessário, constituindo capital estagnado que resulta em despesa para a organização. Isto deve-se, muitas das vezes, à dificuldade que as empresas têm em lidar com as flutuações de mercado, vendo-se na necessidade de investir em recursos, ou produzir, em quantidades excessivas ou antes do tempo, o que vai contra a filosofia *Just-In-Time*.

Além disto, as organizações vêm-se obrigadas a aumentar os *stocks* para combater problemas, por exemplo, de qualidade, mau design e avarias nos equipamentos. Porém, desta forma, só estarão a ocultar os problemas, adiando a sua resolução, resultando em custos

⁷ *Setup* - Tempo de preparação dos equipamentos.

enormes. Na Figura 2.9, encontra-se uma analogia a esta situação, em que o barco é a organização e os rochedos os problemas.



Figura 2.9 - O problema da redução dos níveis de *stock* [11].

Defeitos de fabrico

Este tipo de desperdício ocorre sempre que um produto ou serviço não atinge as exigências ou expectativas do cliente, ou seja, é um produto não conforme com as especificações do cliente. Isto acarreta custos relacionados com a triagem, reparação ou retrabalho de produtos defeituosos, assim como custos enormes com os produtos, que devido a defeitos graves, são considerados sucata. Algumas das causas poderão ser devido a ferramentas, equipamentos ou processos inadequados, ou a formação deficiente dos colaboradores.

Movimentação de pessoas

Todo o tipo de movimentação de pessoas que não acrescente valor ao produto ou serviço é considerado desperdício. Isto ocorre, normalmente, devido a uma má disposição do posto de trabalho ou da fábrica, assim como a uma má organização das ferramentas e materiais. Uma ferramenta regularmente usada para combater este tipo de desperdício é os 5S.

Para além destes, outros desperdícios foram propostos por diversos autores, como por exemplo, a má interpretação dos objetivos e indicadores da organização, a insegurança e falta de ergonomia dos locais de trabalho, e o desaproveitamento do potencial humano. Este último é defendido por vários autores, que consideram importante o aproveitamento da capacidade, do talento e da criatividade das pessoas, sendo estas o capital mais precioso em qualquer organização.

2.6 - Metodologia 5S

De entre todas as ferramentas que incorporam o *Lean*, os 5S é considerado o passo mais básico em direção à melhoria da qualidade e da produtividade. O objetivo passa pela organização, limpeza e normalização do posto de trabalho, mantendo apenas os materiais, equipamentos e ferramentas necessários, ou seja, o que o colaborador realmente usa e na quantidade certa.

O nome desta metodologia é originário de cinco palavras japonesas cuja primeira letra é um S: *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke*, que constituem as cinco fases deste processo. Apesar de ser considerado um processo de aplicação simples, não deverá ser subestimado, uma vez que o maior obstáculo prende-se em manter o que foi conseguido inicialmente. Desta forma, este programa não deverá passar por uma aplicação de conceitos, mas pela mudança cultural de todas as pessoas envolvidas e a aceitação de cada um deles.

“O compromisso da empresa com os 5S, o seu apoio e envolvimento tornam-se essenciais. A empresa precisa determinar, por exemplo, com que frequência o seiri, seiton e seiso devem ocorrer e quem se deve envolver.”

(Imai,1996) [33]


Para que este método seja aplicado de forma eficaz a toda a organização, é importante a realização de registos, criando desta forma bons exemplos visíveis para todos os colaboradores. Sendo este um processo rotineiro, não passando só por uma aplicação isolada, é importante para quem lidera a implementação perceber a necessidade de formação constante, bem como, de persistência e dedicação. De seguida irão ser apresentadas as cinco fases deste processo.

1º - *Seiri* (separação ou triagem)

Consiste na remoção de todas as ferramentas e materiais desnecessários à execução das tarefas realizadas no local de trabalho. Além disto, os itens deverão ser identificados quanto à sua frequência de utilização, para se perceber a sua importância e prioridade. Um exemplo de classificação encontra-se na Tabela 2.2:

Tabela 2.2 - Classificação de ferramentas ou materiais de acordo com a sua utilização.

Cat	Freq. Utilização	Acção
1	diariamente	Local. Posto trabalho
2	Uma vez p/ sem.	Loca. Área de trabalho
3	Uma vez p/ mês	Local. Armazém área
4	Uma vez por ano	Local. Armazém Fab.
5	Obsoleto	Vender - eliminar



Como é possível visualizar na tabela, os itens que são desnecessários no posto ou na área de trabalho, deverão ser realocados numa zona de armazenamento onde não seja criado valor. Este método denomina-se de “*Red-Tagging*” (Figura 2.10), em que os itens são identificados com uma etiqueta vermelha.



Figura 2.10 - Exemplo de Identificação "Red-Tagging"

2º - *Seiton* (arrumação)

A segunda fase é a arrumação dos itens, para que estes se tornem mais acessíveis para o operador, aumentando a eficácia e eficiência das atividades. Este é um passo essencial para o sucesso de todo o processo, que tem como ideia central: “Um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar”. Nesta fase, deve-se procurar constantemente responder a estas duas questões:

- Quais os itens necessários para desempenhar uma determinada tarefa?
- Qual o sítio onde devem ficar, de forma a ser mínimo o esforço para os alcançar e recolocar?

3º - *Seiso* (limpeza)

Este passo pode ser considerado um processo de auto-controlo dos operadores, que são responsáveis pela constante organização e limpeza do seu posto de trabalho. O objetivo é proporcionar aos colaboradores um ambiente de trabalho confortável, limpo e ergonómico. Desta forma, as anomalias e desperdícios serão detetados mais facilmente, através de uma melhor gestão visual. Mais uma vez, esta fase deverá ser realizada diariamente, com a contribuição de todos os colaboradores, numa atitude de responsabilidade e envolvimento, tendo em vista evitar a sujidade em primazia ao ato de limpar.

4º - *Seiketsu* (normalização)

Todas as fases anteriores deverão ser sistematizadas e normalizadas. As melhores práticas deverão ser normalizadas, registadas e disponíveis a todos os colaboradores, através de procedimentos, instruções, planos, entre outros. Como já se analisou, uma das bases para o sistema da Toyota é a estabilidade, conseguida através da uniformização, revelando a importância desta fase. Uma ferramenta, que também já foi analisada e que pode ser utilizada é o ciclo SDCA.

5º - <i>Shitsuke</i> (sustentabilidade e disciplina)
--

Esta é considerada a fase mais complicada deste método. Para que os resultados sejam eficazes e visíveis a longo prazo, numa base de melhoria contínua, há necessidade de acompanhamento e disciplina no *gemba*. Velhos hábitos e práticas têm que ser quebrados, podendo originar alguma resistência à mudança.

O papel das chefias e dos gestores será importante na ajuda à adaptação dos colaboradores e na regularidade dos mesmos. É boa prática a realização de sessões de formação e de auditorias internas, para tentar perceber as causas dos problemas, nunca julgando ou culpabilizando os colaboradores.

2.7 - Value Stream Mapping (VSM)

“Sempre que há um produto ou um serviço para um cliente, há um fluxo de valor. O desafio está em conseguir vê-lo.”

Rother & Shook [12]

Value Stream Mapping (mapeamento da cadeia de valor) é um método que permite identificar todas as ações de uma organização, que criam ou não criam valor do ponto de vista do cliente. Por outras palavras, permite visualizar o percurso ou mapa, de um produto ou serviço, ao longo da cadeia de valor, desde a obtenção da matéria-prima até à entrega ao cliente final.

Apesar de recentemente ter recebido uma melhoria, através de Mike Rother e John Shook, este método é uma adaptação de uma técnica originária na Toyota “diagrama de fluxo de materiais e informação”, pelas mãos de Taiichi Ohno e a sua equipa. Na altura, o objetivo era alinhar a visão dos fornecedores com os interesses da Toyota, tentando obter melhoria.

Sendo um dos métodos mais utilizados em organizações *Lean*, este ajuda a gestão e a engenharia a reconhecer desperdício e a descobrir causas de problemas, de uma forma simples e eficaz. Este processo divide-se em duas fases, uma primeira que inclui o mapeamento físico do “estado atual” (AS-IS), e uma segunda fase em que se focam atenções no estado futuro pretendido (TO-BE).

Existem ainda duas atividades externas indispensáveis para se poder concluir este processo, a seleção de uma família de produtos, e o planeamento e execução de um plano de melhoria (Figura 2.11).

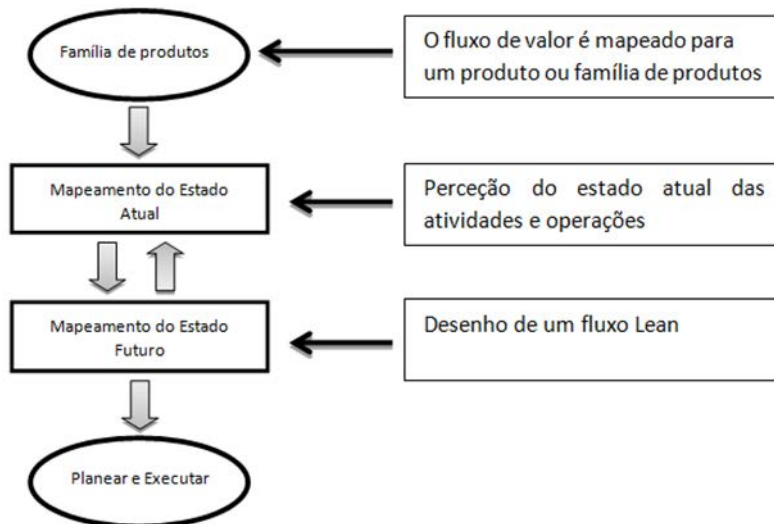


Figura 2.11 - Fases da metodologia VSM.

Frequentemente, este método concentra-se nas questões relativas à redução do tempo de entrega do produto ao cliente (*lead time*), porém, poderá também agrupar questões associadas a custos. Para que seja eficaz, o mapeamento deverá abranger os seguintes aspetos:

- Fluxo de materiais e informação;
- Fornecedores e clientes;
- Transporte de materiais;
- Sistemas de informação;
- *Stocks* de matéria-prima, materiais em processamento e produto acabado.

Esta ferramenta é uma importante arma no combate ao desperdício, segundo Juran e Gryna [34], “*Gerir é controlar e agir corretamente. Sem controlo não há gestão. Sem medição não há controlo*”, e o VSM permite esta identificação e quantificação. Os símbolos utilizados no VSM (Figura 2.12) fornecem uma linguagem simples e intuitiva, que facilita o estudo e compreensão do estado atual e futuro do sistema. Através de uma visualização clara dos processos internos e externos, a eliminação de desperdício torna-se mais eficaz, promovendo a melhoria contínua e satisfação do cliente.

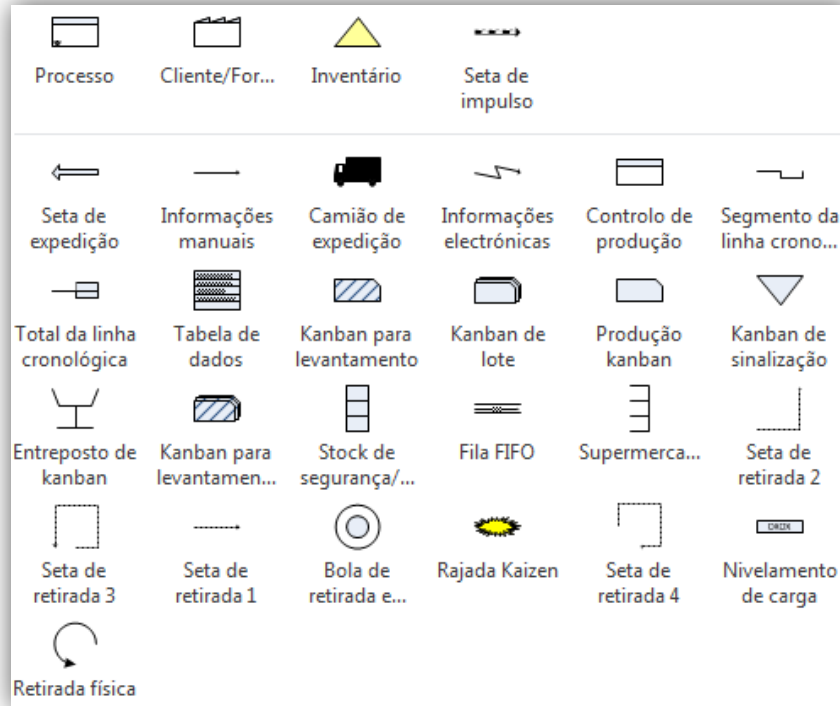


Figura 2.12 - Simbologia utilizada no VSM (Fonte: Microsoft Visio 2010).

Apesar da simbologia VSM não estar normalizada, é comum encontrarem-se os símbolos apresentados anteriormente, ou variações semelhantes dos mesmos. Porém, é boa prática as organizações adaptar o mapeamento e os símbolos à sua realidade, para que possam tirar máximo partido desta ferramenta. Um exemplo de VSM é apresentado na Figura 2.13.

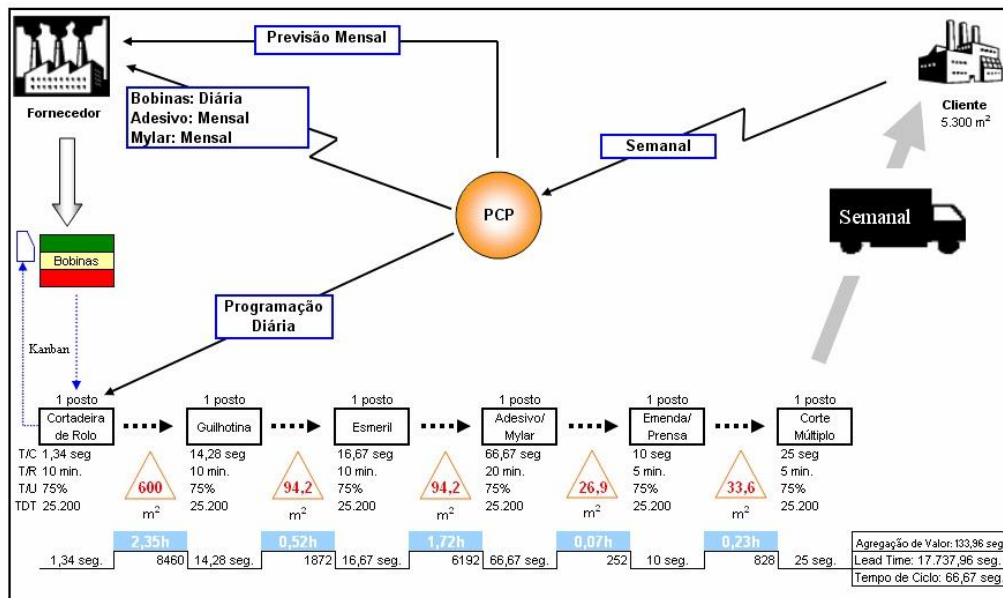


Figura 2.13 - Exemplo de um mapa VSM.

O VSM, segundo J. Pinto [13], é um bom ponto de partida para iniciar a jornada *Lean* uma vez que:

- Permite uma visão global da cadeia de valor, e não apenas de um processo;
- Além de permitir identificar desperdício, ajuda a identificar as suas causas;
- Fornece uma linguagem simples e intuitiva;
- Favorece a abordagem e implementação de conceitos *Lean*;
- Faculta bases para um plano de ação;
- Evidencia a ligação entre fluxos (materiais, capital e informação).

2.8 - Sistema *Kanban*

“Os dois pilares do sistema de produção da Toyota são o *just-in-time* e a automação com o toque humano, ou *autonomação*. A ferramenta para operar o sistema é o *Kanban*.”

Taiichi Ohno [14]

Uma das ferramentas de grande importância associada à filosofia *Lean* é o sistema *Kanban*, que em japonês significa cartão ou registo visível. Sendo mais um dos conceitos desenvolvido pela Toyota, este sistema tem como objetivo o balanceamento da produção, e a minimização de *stock* e *WIP*. Através da gestão visual, os *kanbans* fornecem de forma simples e intuitiva indicações aos operadores relativas a fluxos de materiais, recursos e informação.

Este sistema é implementado com vista a atingir a produção *just-in-time*, ou seja, produzir na quantidade certa, na altura devida e o produto correto. É comum nas organizações a gestão de produção recorrer a este meio para reduzir a quantidade de produto em fabrico, bem como *stocks* e outras situações que possam causar desperdício.

O *kanban* implica um modelo de produção do tipo “*pull*”, ou seja, este sistema desencadeia ordens de produção, numa relação cliente/fornecedor interno. Neste caso, o fluxo de informação tem o sentido oposto do fluxo de materiais. Na Figura 2.14, encontra-se modelizada a forma de funcionamento deste sistema.

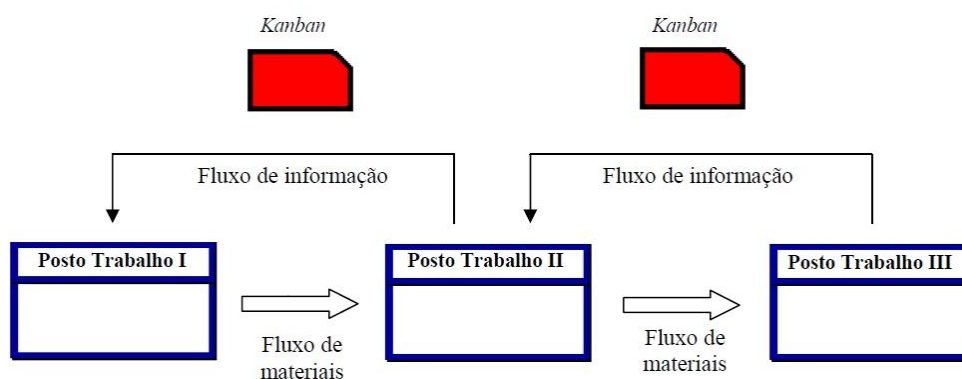


Figura 2.14 - Modo de funcionamento do sistema *Kanban*.

Existem dois tipos de *kanban*:

- ***Kanban* de produção:** a ordem de produção só é dada por um *kanban*;
- ***Kanban* de transporte:** a ordem de transporte de materiais é despoletada por um *kanban*.

Do ponto de vista do *kanban* o *stock* varia na forma de um dente de serra, como se pode ver na Figura 2.15. Nesta situação, tanto o ponto de reabastecimento como o lote de reposição estão fixados nas 300 unidades. A entrega é feita 3 dias após o pedido e o *stock* mínimo, ou de segurança, foi fixado nas 100 unidades. A taxa de consumo do item corresponde à inclinação da reta descendente, ou seja, 100 unidades/dia.

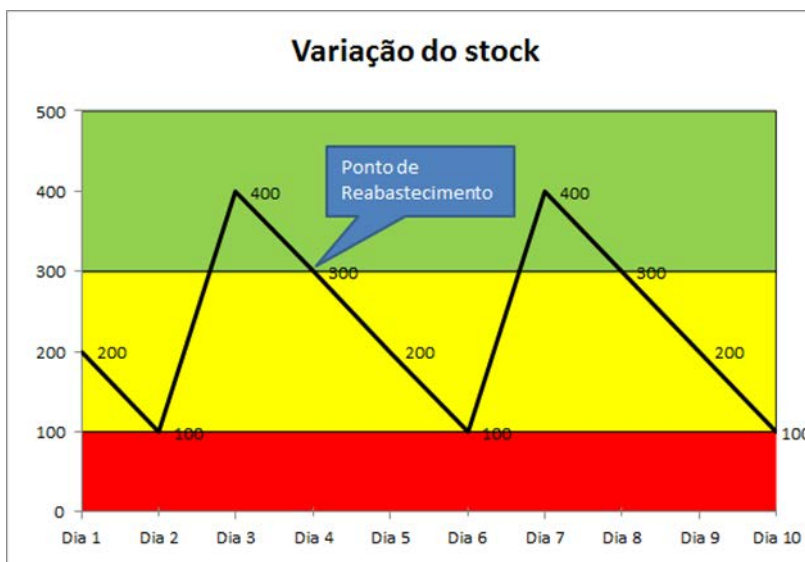


Figura 2.15 - Variação do *stock* do ponto de vista do *Kanban*.

Existem várias formas de concretizar o *kanban*, desde cartões num quadro, caixas vazias empilhadas, posições pintadas no chão ou sistema de duas caixas. O cartão é na realidade o modelo mais usado, que pode conter informações como a referência e quantidade de peças a transportar ou produzir, e designação do fornecedor ou cliente internos. O quadro onde são colocados os cartões, deverá estar normalizado por cores, normalmente de cor verde, amarela e vermelha, que estão relacionadas com a prioridade de produção.

Imaginemos um caso inicial, em que ainda não há qualquer produção realizada, ou seja, é preciso produzir tudo. Neste caso, o quadro deverá estar repleto de cartões, ou seja, irão existir cartões em posições vermelhas, que exigem que sejam produzidos com urgência. Assim que se inicia a produção, irão retirar-se cartões de posições vermelhas, para de seguida retirar-se de posições amarelas, atingindo-se o estado normal de operação. A Figura 2.16, pretende mostrar a dinâmica deste processo.

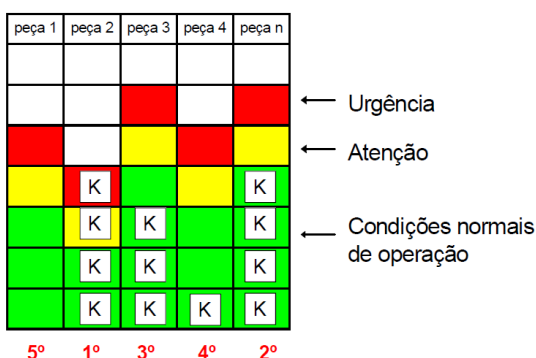


Figura 2.16 - Dinâmica do processo de sistema de *Kanban* com cartões ([15]).

Neste caso, uma forma de se calcular o número de cartões *kanban* é a seguinte:

$$N^{\circ} \text{ de } kanban (N_K) = \frac{Q_P + S_{mín}}{N_t}$$

em que,

N_K - Número de cartões *kanban*

Q_P - Quantidade de produtos do lote de produção

$S_{mín}$ - Quantidade de stock mínimo de segurança

N_t - Quantidade de produtos transportados numa caixa/paleta

Para que o sistema *kanban* seja implementado de forma eficaz, existem algumas condições que as organizações deverão cumprir, como por exemplo:

- Bom *layout* e organização dos postos de trabalho;
- Pessoas polivalentes e capazes;
- Uma relação de cliente/fornecedor interno bem definida;
- Estabilidade e uniformização dos processos;
- Reduzidos tempos de Setup.

2.9 - SMED

“Brilliant process management is our strategy. We get brilliant results from average people managing brilliant processes. We observe that our competitors often get average (or worse) results from brilliant people managing broken processes.”

Mr. Cho (Presidente da Toyota) [35]

Esta postura tradicional, típica de produção em massa em que os produtos têm pouca variedade, tem vindo a ser cada vez menos comum face às exigências do mercado e dos clientes. Atualmente, cada vez mais as organizações caminham para uma postura *just-in-time*, tentando produzir as quantidades certas no tempo correto.

Um obstáculo ao sucesso desta filosofia prende-se com os tempos de *setup*, que em alguns processos pode atingir frações de tempo elevadas. Na Gráfico 2.1, encontra-se uma distribuição típica do tempo gasto nas atividades de troca de ferramentas.

O SMED, *Single Minute Exchange of Die*, é uma das ferramentas mais populares e difundidas para redução dos tempos de *setup*. Os objetivos imediatos desta metodologia passam por aumentar a produtividade e a capacidade de resposta com a procura de mercado. O SMED permite reduzir de forma considerável a complexidade das operações de regulação e afinação de ferramentas, reduzindo o tempo de indisponibilidade dos equipamentos.

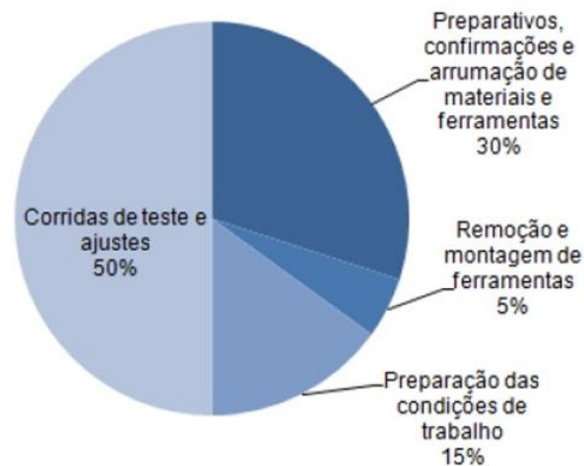


Gráfico 2.1 - Distribuição do tempo consumido nas atividades de troca de ferramentas.

Ao contrário da maior parte das ferramentas *Lean*, esta foi desenvolvida na Mazda, através de Shigeo Shingo, em meados de 1950. Na altura, a fábrica de Hiroshima da Mazda, deparava-se com problemas de falta de produtividade de um conjunto de prensas. Shingo verificou que os tempos de não-produção eram elevados, e associou este problema às demoradas e frequentes atividades de mudança de ferramenta. Ao descrever e quantificar o tempo de todas as operações do processo, classificou as operações em duas categorias:

- **Operações internas (ou *Setup* interno):** só podem ser executadas com a máquina parada, como por exemplo, montagem e remoção das ferramentas.
- **Operações externas (ou *Setup* externo):** podem ser realizadas com a máquina em produção, como por exemplo, transporte de ferramentas e materiais.

Para resolver o problema, Shingo inicialmente definiu procedimentos detalhados para as operações externas, com o objetivo de garantir que tudo o que fosse necessário para executar essas operações, estivesse devidamente preparado e disponível, na altura e lugar certos. De seguida, focou esforços na tentativa de transformar as operações internas em operações externas, assim como na organização e normalização de procedimentos das operações que têm que ser obrigatoriamente executadas com a máquina parada.

Desta forma, este método pode ser dividido em quatro fases, conforme representado na Figura 2.17.

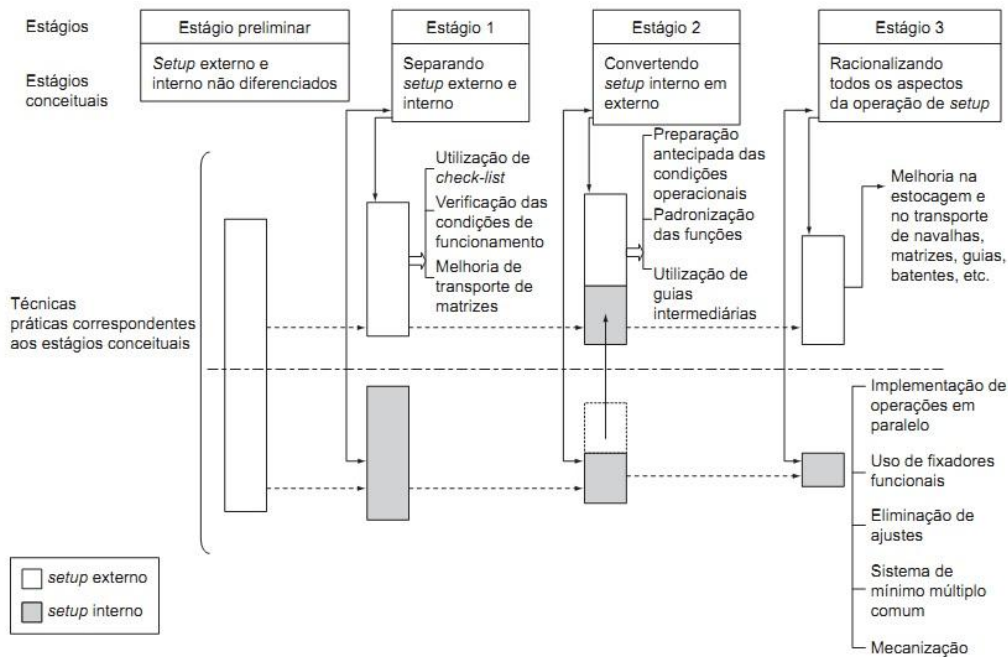


Figura 2.17 - Fases da implementação da metodologia SMED [22].

Estágio preliminar (analisar)

Nesta fase, ainda não há distinção entre *setup* interno e externo. Aqui, os objetivos passam pela observação e análise exaustivas, de todas as atividades e operações do processo. Uma estratégia, para facilitar a análise, poderá passar pela realização de filmagens, que deverão ser vistas e revistas, pelos responsáveis da implementação do SMED, assim como pelos colaboradores que executam as tarefas nas filmagens. É necessário valorizar a opinião do operador, uma vez que melhor que ninguém, este sabe como os equipamentos e ferramentas funcionam.

Estágio 1 (identificar e separar)

Este é um passo muito importante para que a implementação deste método seja efetuada com sucesso. Nesta fase, deverão ser identificadas e separadas as operações internas e externas do processo. Muitas das vezes, os preparativos para as atividades de *setup* são praticados com a máquina parada, causando um desperdício que pode ser evitado.

Na realidade, é sabido que podem-se atingir reduções na ordem dos 30-50% nos tempos internos, apenas com a reordenação e reorganização de tarefas, sem qualquer custo para a organização. Shingo defendia que “*Dominar a separação entre setup interno e setup externo é o passaporte para atingir o SMED*” [16].

Estágio 2 (converter/transformar)

O objetivo desta fase passa por tentar transformar as atividades internas em externas, de forma a reduzir o número de atividades a realizar com a máquina parada, resultando em menos tempo de paragem e maior tempo de produção. Esta fase envolve criatividade e contato com os colaboradores, de maneira a questionar a existência das operações internas, bem como, uma forma de as modificar.

Estágio 3 (reduzir e melhorar)

Este é o passo final do SMED, em que se procura reduzir a duração de todas as atividades, sejam internas ou externas. Isto é conseguido com alterações técnicas às operações, que podem ser simples e baratas, ou mais sofisticadas, envolvendo custos elevados. Todas as operações deverão então ser uniformizadas e registadas, de maneira a evitar desperdício e caminhar em busca da melhoria contínua.

Se a aplicação deste método for efetuada com sucesso, espera-se a evolução representada na Figura 2.18 e na Figura 2.19.



Figura 2.18 - Tempo consumido antes da aplicação do SMED [17].



Figura 2.19 - Tempo consumido depois da aplicação do SMED [17].

Com a redução do tempo de *setup* é possível aumentar a sua frequência, resultando em diversos ganhos para as organizações, como por exemplo:

- Redução do tamanho dos lotes;
- Redução de *stocks*;
- Aumento de flexibilidade;
- Redução de tempos;
- Melhoria da qualidade;
- Redução de desperdícios;
- Aumento da produtividade.

Na realidade, com a possibilidade de se efetuar *setup's* rápidos, não só é possível reduzir custos, mas também aumentar a frequência dos *setup's*, havendo então a hipótese de reduzir o tamanho dos lotes. O resultado da diminuição do tamanho dos lotes é a redução de *stocks* e do *WIP*. Além disto, torna-se evidente um aumento da capacidade de resposta da organização, através da redução do *lead time*, às exigências do mercado, que atualmente se pautam pela variabilidade, flutuação e requisitos temporais rígidos. Tudo isto resulta num aumento da produtividade global da empresa, tornando-a mais competitiva.

Para finalizar, apresentam-se dois casos de sucesso na implementação do SMED [42]:

- **Toyota:** Redução do tempo gasto em operações internas, despendido na mudança de uma ferramenta para produção de parafusos, que passou de 8 horas para 58 segundos.
- **Mitsubishi:** A preparação de uma mandriladora para mandrilar blocos de motor foi melhorada. Através da redução do tempo de operações internas, passou de 24 horas para 160 segundos.

2.10 - Gestão Visual

“The goal is a self-explaining, self-regulating workplace where critical information is shared rapidly, accurately and without speaking or reading a word.”

Galsworth, G.D. [18]

Gestão ou controlo visual trata do intercâmbio de informação através de elementos visuais. O objetivo é transmitir informação de uma forma intuitiva, simples e objetiva, e que esteja acessível ao colaborador. De facto, a visão é o sentido que maior informação proporciona ao ser humano, além disso também facilita e acelera o processo de aprendizagem, uma vez que o cérebro retém por mais tempo a informação visual.

Em oposição à tradicional forma de pensar ocidental, em que são focados esforços na implementação de sofisticados e complexos sistemas de informação, o Japão optou pela adoção de mecanismos simples baseados em pessoas. Num ambiente industrial em que é importante a rapidez de resposta aos problemas, a gestão visual serve de ferramenta para a prontidão e celeridade no despoletar de ações corretivas.

Além de ajudar na resposta, esta ferramenta pode ajudar a prevenir a ocorrência de problemas, tornando-os visíveis a toda a organização. A monitorização de processos e operações também pode ser facilitada, usando mecanismos visuais, assim como fornecer instruções de trabalho imediatas.

Algumas das ferramentas *Lean* tiram partido do controlo visual para atingir os seus fins, como por exemplo: *sistema 5S, kanban, andon e jidoka*.

Alguns elementos visuais usados frequentemente pelas organizações são os seguintes:

- Cartões *kanban*;
- Marcações do lugar de materiais, ferramentas e equipamentos;
- Sinais luminosos, sonoros e ecrãs;
- Quadros de controlo de produção (por exemplo, procedimentos e planeamento de produção);
- Quadro com indicadores de performance e qualidade.

De facto, ao expor-se visivelmente dados relativos à produção e performance das equipas, bem como, valores objetivo, há um maior alinhamento e consciência dos colaboradores com a missão e plano estratégico da organização. O objetivo passa por incutir sentido de responsabilidade e autonomia a todos os colaboradores, com a finalidade de aumentar a eficiência, a produtividade e a motivação dos mesmos.

2.10.1 - *Balanced Scorecard* (BSC)

O *balanced scorecard* é uma ferramenta de gestão de performance desenvolvida em 1992 orientada ao *gemba* e aos colaboradores. O objetivo é monitorizar o desempenho de toda ou parte da organização, normalmente em direção aos objetivos estratégicos da mesma.

Num quadro são expostos diversos indicadores que podem ser baseados em quatro perspetivas (Figura 2.20): financeira, cliente, processos internos, e melhoria e crescimento. Os KPIs⁸ mais utilizados no *gemba* são os seguintes: contagem de peças boas e más, taxa de rejeição, taxa de produção, objetivos, *takt time*, OEE e tempo total de paragem.



Figura 2.20 - Perspetivas do *Balanced Scorecard* [39].

Através desta ferramenta a organização é capaz de:

- Fornecer informação credível aos líderes e às suas equipas para que possam garantir que os seus planos estão a ser implementados eficiente e eficazmente, e estão a ter o impacto desejado;
- Permitir um alinhamento de toda a organização com a sua visão e objetivos estratégicos;
- Aproximar diferentes equipas com objetivos comuns e fornecer-lhes feedback inequívoco sobre o seu progresso;
- Fortalecer a gestão dos processos através da busca constante em alcançar os objetivos e melhorar o desempenho dos mesmos;

Apesar destas vantagens, o BSC ainda desperta muita discussão acerca da forma como é aplicado e da sua forte orientação à visão interna. Muitas das vezes os colaboradores confundem os meios com os fins, e associam o cumprimento de objetivos à obtenção de regalias monetárias.

⁸ KPI - Key Performance Indicator: é um indicador que mede o nível de desempenho de um processo.

De facto esta perspetiva pode ser perigosa, criando muitas das vezes um clima de competição indesejado, uma vez que não só acaba por classificar alguns dos colaboradores como pouco produtivos, assim como congratula monetariamente os que obtiveram bom desempenho. Além disto, o BSC mostra uma realidade que muitas das vezes a empresa não quer expor para clientes e fornecedores, criando assim um paradigma para a gestão.

Cabe a cada organização determinar de que forma consegue tirar partido do BSC e concluir se as vantagens ultrapassam as desvantagens. O autor entende que do ponto de vista *Lean* será sempre vantajoso a implementação desta ferramenta, uma vez que engloba três aspetos muito importantes: maior envolvimento dos colaboradores, identificação mais simples e eficaz de problemas, e objetivos bem definidos e visíveis.

2.11 - Sistema *Push/Pull*

O sistema de produção de uma organização pode ser de dois tipos: sistema “*push*” (empurrar) e sistema “*pull*” (puxar). O primeiro, considerado o sistema de produção tradicional, baseia-se em previsões de procura, planeamento de materiais e cujas ordens de produção são orientadas de acordo com prazos de entrega. Em oposição, o sistema *pull* é baseado na necessidade do cliente, sendo a produção despoletada por pedidos de encomenda.

O sistema tradicional *push* (Figura 2.21) encontra-se intimamente relacionado com o conceito MRP (*Material Requirement Planning*), que consiste num método de planeamento das necessidades de material. Tipicamente é elaborado um plano que determina o que deve ser produzido, de acordo com previsões da procura futura e com o objetivo de maximizar a capacidade de produção.

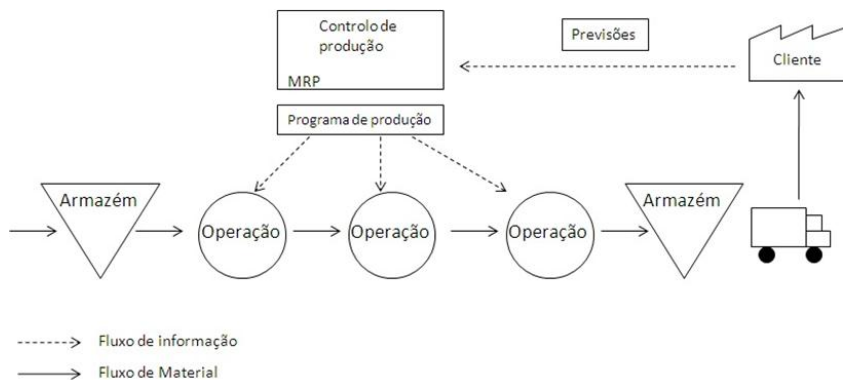


Figura 2.21 - Sistema de produção de acordo com o modelo *Push*.

Assim que o produto é finalizado num processo é “empurrado” para o seguinte, mesmo que não haja necessidade de produção. Desta forma, o produto é “empurrado” ao longo da cadeia de produção, em que cada processo age individualmente e sempre com o objetivo de maximizar a sua capacidade produtiva, abdicando-se da visão global do sistema.

“Um sistema *push* necessita de produção em lotes, criando Muda de transporte e de inventário.”

(Imai, 1997) [6]

As consequências deste tipo de produção são: elevados *stocks*, grande volume de WIP, falta de flexibilidade, perda de qualidade, grandes lotes e longos *lead times*. Uma vez que a produção não se baseia na procura real, há sempre o risco de se estarem a produzir produtos que não satisfaçam o cliente, resultando em produção em excesso e grandes *stocks* de produto acabado, acarretando por vezes elevados custos para a organização.

O sistema *pull* (Figura 2.22) teve origem numa viagem de Taiichi Ohno aos Estados Unidos. Enquanto visitava uma mercearia, ficou curioso com a forma de gestão de *stocks* e a forma como os clientes pegavam nos produtos e faziam as suas compras. Ohno verificou que cada produto tinha um local bem definido, que o cliente retirava o produto nas quantidades pretendidas e que o produto era reabastecido quando necessário. Foram estes princípios a base para a criação do sistema *just in time* no qual se rege o sistema de produção *pull*.

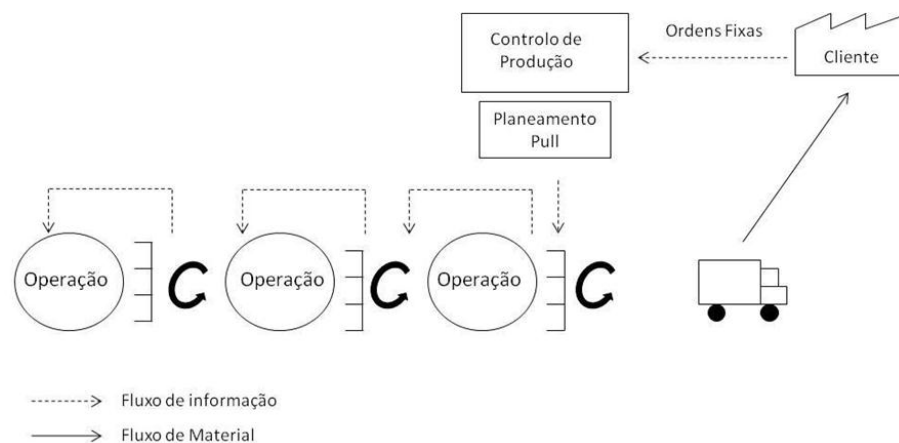


Figura 2.22 - Sistema de produção de acordo com o modelo *Pull*.

Este sistema é baseado nas necessidades do cliente final, em termos de produto, quantidade e pontualidade. Neste caso é o cliente que despoleta ordens de produção, ou seja, o produto é “puxado” ao longo da cadeia. Basicamente quando o cliente final realiza um pedido, este é satisfeito recorrendo ao *stock* de produto final. Sempre que um produto é retirado deste *stock*, é despoletado um sinal à estação de produção a montante, para que reponha o nível de *stock*. Taiichi Ohno defendia que [36], “A função mais importante de uma empresa é detetar as modificações do mercado e estar pronta a agir em conformidade”.

O objetivo é otimizar o fluxo de materiais no processo produtivo, assegurando o sincronismo da produção com a logística. Apenas desta forma se consegue produzir a quantidade certa no momento oportuno. As vantagens do sistema de produção operar em *pull* passam pela redução de *stocks* e do tempo de transformação do produto, diminuindo custos e aumentando a capacidade de produção e venda.

Segundo Womack e Jones (1998) [37], num sistema *pull* deve-se “ignorar a projeção de vendas e fazer simplesmente o que os clientes dizem que precisam. Ou seja, pode-se deixar que o cliente puxe o produto, em vez de empurrar os produtos muitas vezes indesejados pelo cliente”.

2.12 - Análise ABC e diagrama de Ishikawa

A análise ABC ou 80-20 é baseada no teorema de Vilfredo Pareto, e serve essencialmente para classificar itens em três categorias (A, B e C) de acordo com a sua importância. Pareto afirma que 80% das consequências advêm de 20% das causas, por exemplo: 20% dos produtos geram 80% das receitas de uma organização. Esta ferramenta pode ser usada em diversas situações dentro de uma organização, desde a análise de clientes ao planeamento da produção.

O intervalo de cada categoria pode variar, mas uma classificação típica é a seguinte (Figura 2.23):

- Classe A: 20% dos itens correspondem aproximadamente a 65% do valor total;
- Classe B: 30% dos itens correspondem aproximadamente a 25% do valor total;
- Classe C: 50% dos itens correspondem aproximadamente a 10% do valor total.

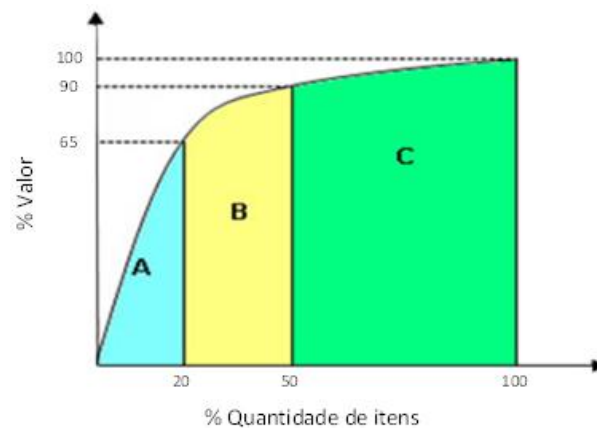


Figura 2.23 - Curva ABC.

No âmbito do *Lean* esta ferramenta costuma auxiliar a aplicação de algumas metodologias, como por exemplo, no cálculo de *Kanbans*, na aplicação dos 5S ou na busca do fluxo contínuo.

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama causa-efeito ou diagrama espinha de peixe, é uma ferramenta orientada à resolução de problemas dando especial ênfase às possíveis causas dos mesmos.

Esta é uma ferramenta muito aplicada em ambiente industrial, especialmente pelos departamentos de qualidade, e pode ser usada para resolver problemas simples ou problemas complexos que envolvam grandes sessões de *brainstorming*. De facto, uma vantagem desta ferramenta é expor de forma simples as possíveis causas e sub-causas dos problemas, facilitando a sua discussão.

É comum usar-se os 6M como as 6 principais causas de um problema *standard* (Figura 2.24), mas os utilizadores podem moldar o diagrama da forma que acharem mais correta de acordo com o problema a resolver.

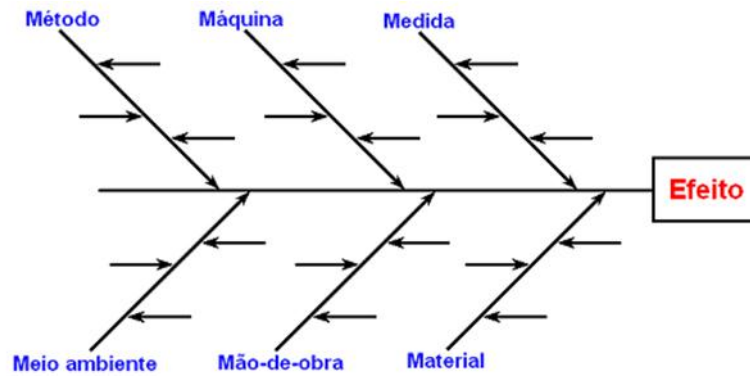


Figura 2.24 - Diagrama de Causa-Efeito

No *Lean* esta técnica é usada regularmente para resolver problemas e para tentar perceber a origem de desperdícios, como por exemplo, o aumento do WIP, variabilidade nos processos, ou o que afeta o tempo de mudança de *setup*.

2.13 - Conclusão

Como foi possível verificar, grande parte das metodologias *Lean* foram desenvolvidas pela Toyota, e os resultados conseguidos por esta organização devem servir de exemplo para qualquer outra. Evidenciou-se também a importância de se ir além da simples aplicação destas técnicas, havendo necessidade das organizações ingressarem na filosofia *Lean* a todos os níveis, não só do ponto de vista dos seus métodos e operações mas também a nível cultural.

Para que uma organização possa ingressar num sistema *Lean Manufacturing* terá que pôr em funcionamento os dois principais conceitos apresentados acima, *just in time* e *jidoka*, assim como assegurar a implementação física dos métodos que auxiliam a eliminação de desperdício. Uma relação entre estes três parâmetros foi apresentada por Masafumi Suzuki (1999) da empresa TRW Automotive, conforme representado na Figura 2.25.

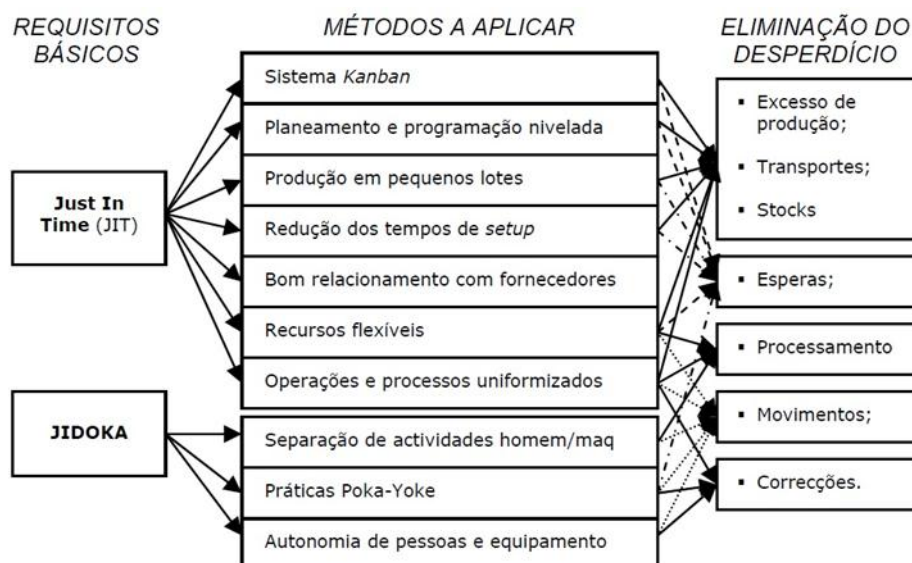


Figura 2.25 - Relação entre conceitos JIT e *jidoka* e os métodos a aplicar para eliminar o desperdício [13].

O *Lean* e as suas metodologias são passíveis de serem aplicadas em qualquer setor produtivo, porém a forma como se aborda o problema e a sua resolução variam de caso para caso. As ações devem ser tomadas e monitorizadas constantemente, e todos os colaboradores devem dar o seu contributo para que os objetivos da empresa sejam cumpridos, dando especial importância à redução de desperdício.

Importa ainda referir que o autor optou por não colocar outras metodologias que acompanham o pensamento *Lean*, como por exemplo, o TPM (*Total Productive Maintenance*), nivelamento de produção (*Heijunka*), ou FMEA (*Failure mode and effects analysis*), uma vez que não serão relevantes no caso de estudo deste projeto. Porém, recomenda-se a leitura das seguintes fontes [23], [24] e [25] para complementar o estudo nessas áreas.

Capítulo 3

Caso de estudo

Neste capítulo serão apresentados os problemas identificados na organização, assim como a abordagem realizada a cada um. Inicialmente apresentar-se-á uma caracterização detalhada do problema, onde se irá aprofundar o paradigma do inventário, em especial do WIP. Seguidamente será realizada uma análise da situação inicial da organização, onde serão expostas possíveis causas do aumento do WIP. Além disso, serão identificadas áreas de ação e objetivos de melhoria.

Posteriormente, são expostos todos os problemas abordados neste projeto, em que se trata de temáticas associadas à gestão de *stocks* de materiais e de produtos em curso de fabrico, ao fluxo de informação e materiais, e à melhoria de processos e da área de trabalho. No final é realizada uma reflexão crítica dos resultados obtidos.

3.1 - Caracterização Detalhada do Problema

3.1.1 - O paradigma do inventário

No seio da gestão de produção persiste ainda o paradigma da gestão de inventário. Para alguns é considerado um mal necessário, para outros um completo desperdício que deve ser eliminado. Com base nisto, Shingo [26] distinguiu duas eras:

- Era da Produção Autorizada de Stock (PAS);
- Era da Produção com Stock Zero (PSZ).

Na primeira, o *stock* era considerado um mal que era necessário, uma vez que permitia resolver ou absorver os efeitos de problemas como variações na procura, tempos de *setup* longos, itens ou materiais defeituosos, pedidos de encomenda urgentes, avarias de equipamentos, entre outros. Shingo comparou os *stocks* a uma droga, isto é, à medida que se vai consumindo o “vício” aumenta, chegando ao ponto em que já não há segurança de gestão sem grandes quantidades de inventário.

Na nova era de produção sem *stock*, o inventário é considerado como um desperdício total, devendo ser combatido. Nesta fase os esforços estão concentrados em melhorar os processos para atacar as causas dos problemas, em vez de dar atenção à melhoria de operações individuais que iriam apenas atenuar os sintomas dos problemas.

Nas organizações tradicionais o inventário é considerado como um ativo, uma vez que já foram consumadas tarefas produtivas que levaram à criação de valor. Porém, este deve ser considerado um valor artificial pois não constitui um lucro real até que seja consumada a venda. Por sua vez, as organizações *Lean* consideram tudo o que seja produzido antecipadamente e em quantidades excessivas como desperdício.

3.1.2 - O WIP e o seu impacto

O inventário pode ser visto como um investimento, atendendo a que exige às empresas que invistam em recursos materiais e humanos, para que mais tarde reverta em receita. Existem três tipos de inventário:

- **Matéria-prima:** São itens extraídos da natureza na sua forma natural ou itens processados adquiridos de outros fornecedores;
- **Produto em curso de fabrico (WIP):** São itens que já iniciaram o processamento mas que ainda não se encontram em condições de serem comercializados;
- **Produto acabado:** Consiste nos itens que já terminaram o processo de fabrico, mas que por algum motivo ainda não puderam ser entregues ao cliente.

Considerando que o que se pretende neste estudo é uma redução do WIP, é importante percebermos a sua relação com o *lead time*, que é dada através da Lei de Little:

$$Lead\ Time = \frac{WIP}{Taxa\ de\ Produção}$$

Através desta relação é possível concluir que uma redução no *lead time* pode ser conseguida diminuindo o WIP ou aumentando a taxa de produção. A primeira opção é notoriamente a mais vantajosa, uma vez que na maior parte dos casos uma pequena melhoria do tempo de ciclo do sistema é sinónimo de avanços tecnológicos e de enormes custos.

Em suma, para que uma organização consiga ter *lead times* curtos é imperativo que mantenha baixos valores de WIP, só dessa forma é possível manter o seu compromisso com os clientes e ao mesmo tempo manter-se flexível.

3.1.3 - Possíveis causas do aumento do WIP

Antes de se avançar com qualquer estudo ou ação corretiva é importante perceber quais as possíveis causas do problema. Para isso realizou-se um diagrama causa-efeito focando, como é comum, as principais causas nos 6M e adicionalmente na Gestão (Figura 3.1). Para o autor a gestão tem um papel fundamental no desenvolvimento e resolução deste problema, considerando que o seu *know-how*, a sua atitude e as suas ações podem influenciar bastante os níveis do WIP.

Optou-se por incluir neste diagrama todos os fatores que diretamente ou indiretamente podem causar o aumento do WIP. No anexo B, encontra-se uma tabela que pretende demonstrar o impacto, que o autor acredita, que cada causa tem no processo produtivo e nos níveis do WIP.

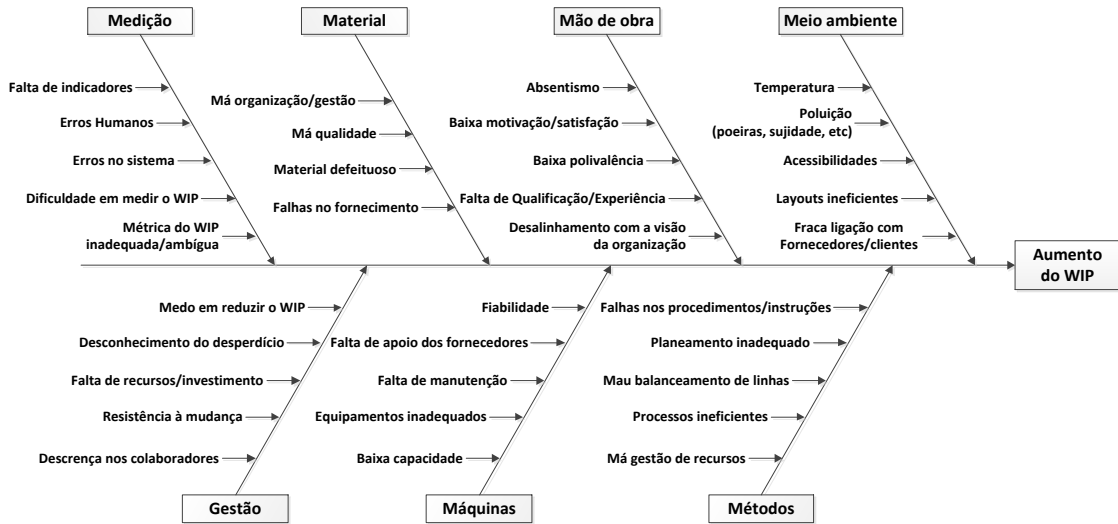


Figura 3.1 - Diagrama Causa-Efeito das possíveis causas do aumento do WIP.

Apesar do grande número de causas possíveis, existem duas que têm maior impacto nos níveis do WIP: tamanho dos lotes e mau balanceamento das linhas. A primeira deve-se sobretudo à falta de fluxo entre processos, que faz com que as organizações se vejam obrigadas a produzir em lotes, afastando-se do ideal que seria produzir e passar uma peça de cada vez.

Para reduzir custos de produção as organizações optam por aumentar o tamanho dos lotes, e tendem a dar preferência a esta estratégia. De facto, quanto maior forem os lotes, efetuam-se menos mudanças de *setup*, diminuindo assim o tempo de paragem da máquina e aumentando teoricamente a produtividade. Porém, esta relação não é assim tão linear se considerar-se também custos de posse, *rework*, entre outros.

O Gráfico 3.1 pretende demonstrar o impacto que o tamanho do lote pode ter no WIP e nos custos para a organização. O mau balanceamento das linhas está diretamente relacionado com a flutuação do WIP que, de um modo geral, causa o aumento dos níveis de *stock*.

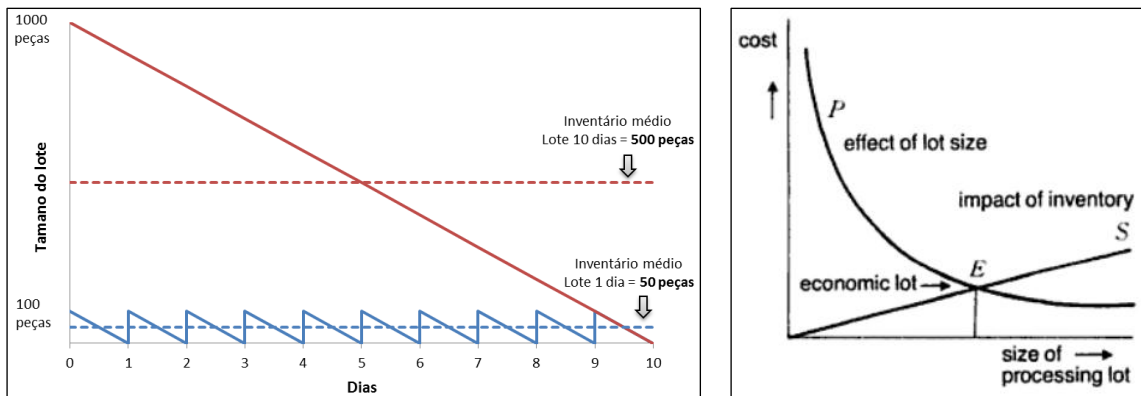


Gráfico 3.1 - Impacto do tamanho dos lotes no inventário (esquerda) e nos Custos (direita) [26].

Ambos os problemas estão inseridos na área de planeamento de produção, sendo na opinião do autor uma área crítica na contenção dos níveis de WIP. Assim, se as organizações pretendem uma redução drástica do WIP, devem criar fluxo entre os processos, diminuir o tamanho dos lotes e equilibrar da melhor forma as atividades produtivas.

3.2 - Caracterização da Organização em Estudo

O grupo Preh foi fundado em 1919 por Jakob Neudstadt na Alemanha, que inicialmente concentrava a produção em componentes eletrónicos. Com o aparecimento do rádio, surgiu também uma oportunidade de negócio para Jakob que aproveitou para entrar no mercado. Esta decisão permitiu o crescimento da empresa nos anos 20.

Nos anos seguintes, a expansão deu-se para o ramo dos brinquedos de controlo remoto e de outros produtos eletrónicos. Mais tarde, numa fase de extrema importância dada à televisão e à rádio, a Preh focou a sua produção nos componentes eletrónicos para esses produtos. Apenas no final dos anos 80 se começou a dedicar ao desenvolvimento e produção de eletrónica automóvel.

Atualmente, o grupo Preh é um consórcio internacional com sede na Alemanha, estando representado em vários países, como nos Estados Unidos da América, na China e no México. O principal mercado deste grupo é a indústria automóvel, tendo como clientes a Mercedes, a BMW e a Audi. Os produtos abrangem sistemas de controlo de condução, unidades de controlo eletrónicas e sistemas de controlo climático.

A empresa Preh Portugal fundada em 1969, apenas iniciou a sua atividade no ano seguinte, produzindo componentes eletromecânicos, potenciómetros, interruptores e fichas. Atualmente emprega cerca de 570 colaboradores e produz, maioritariamente, componentes plásticos e eletrónicos para produtos destinados à indústria automóvel (Figura 3.2).



Figura 3.2 - Exemplos de produtos da empresa Preh [38].

Sediada na Trofa, a empresa ocupa uma posição de respeito no mercado, tendo crescido sustentadamente ao longo dos últimos anos, apresentando um crescimento de cerca de 10% no volume de negócios por ano [38].

3.2.1 - Descrição do Processo Produtivo

A Preh encontra-se dividida em quatro grandes secções:

Eletrónica

O objetivo desta secção passa pela colocação de componentes eletrónicos (por exemplo, resistências, bobinas e condensadores) em *Printed Circuit Boards* (PCBs). Além disto, são ainda efetuados testes elétricos e funcionais às placas, bem como, é realizada a programação de microprocessadores.

Injeção Plástica

Produção de elementos plásticos que fazem parte da estrutura do produto final, como por exemplo, blendas⁹, condutores de luz, placas-base e botões. Existem cerca de 22 máquinas de injeção sendo que dessas, 7 conseguem moldar vários componentes. Antes de entregar o produto ao cliente são ainda realizados testes visuais e testes de controlo dimensional.

Pintura

Pintura de componentes que integrarão o produto final e que tem como destinatário a montagem final. Todos os componentes plásticos injetados internamente são aqui pintados e gravados a laser. São igualmente realizados rigorosos testes, como por exemplo, testes visuais, cortes de grelhas, testes de abrasão e testes de hidrólise.

Montagem Final

Nesta fase todos os componentes, produzidos nas secções anteriores, são agregados passando a constituir o produto final a ser entregue ao cliente. Além de atividades de montagem, esta secção é composta por diversos testes de conformidade do produto, que podem variar de com o produto. Esses testes estão divididos em dois grupos: testes visuais e testes EOL¹⁰ - forças, deslocamento, iluminação, presença de componentes, entre outros. Existem diversas linhas de montagem associadas a cada produto.

3.2.2 - Secção Eletrónica

Atendendo que o projeto foi implementado nesta área considera-se importante realizar uma exposição mais detalhada dos 13 processos existentes (Tabela 3.1).

⁹ Blenda - Painel frontal dos equipamentos produzidos.

¹⁰ EOL - *End Of Line*, termo inglês que significa “fim da linha”.

Tabela 3.1 - Descrição dos processos da área de eletrónica.

Designação	Descrição
Laser	Marcação laser das PCBs com um código de barras 2D para fins de rastreabilidade.
Surface-Mount Device (SMD)	Colocação automática de componentes, que engloba os processos de colocação de solda e de componentes, e tratamento por temperatura para a solda aderir conformemente aos componentes.
Versaflow/Inertec	Colocação/Soldadura seletiva de componentes que o SMD não consegue fixar.
Verificação e recuperação Versa/Inertec	Inspeção e retrabalho dos produtos que passam no processo de soldadura manual.
Automated Optical Inspection (AOI)	Inspeção visual automática dos produtos (deteção de falta de componentes, <i>shorts</i> , <i>opens</i> , etc).
Verificação AOI	Inspeção visual realizada por operadores às peças que reprovaram no processo AOI.
Tyco	Colocação automática de pinos que o SMD não consegue colocar.
In-Line Flash (ILF)	Testes elétricos, programação de microprocessadores e testes funcionais dos produtos (automático: testa e programa várias peças ao mesmo tempo).
Recuperação	Retrabalho de peças não conformes (correção de <i>shorts</i> , <i>opens</i> , colocação de componentes, etc).
Programação	Programador <i>stand-alone</i> de microprocessadores (semi-automático: programa uma peça de cada vez).
In-circuit Test (ICT)	Testes elétricos às placas (semi-automático, testa uma peça de cada vez).
Corte	Corte manual (para cortes retos e regulares) ou automático (para cortes curvos e irregulares) das peças.
Coating	Revestimento das peças com verniz para proteger alguns componentes mais críticos.

Todos os produtos recebem a etiqueta de rastreabilidade e passam nas linhas SMD onde são colocados os componentes. Posteriormente são testados nas AOI e verificados visualmente pelos operadores se necessário. A partir deste ponto, dependendo do produto, este pode passar por qualquer outro processo, havendo mais de 15 roteiros de produção diferentes. Além destes três processos, o procedimento de corte também é comum a todos os produtos, uma vez que as peças vêm aglomeradas em painéis que podem conter entre 2 a 168 peças.

Abaixo (Figura 3.3) está representado um diagrama funcional desta secção, que pretende exemplificar a forma como os processos estão dispostos fisicamente e o espaço que cada um ocupa. No anexo C encontra-se o *layout* da disposição real de todos os equipamentos de produção e de apoio à mesma.

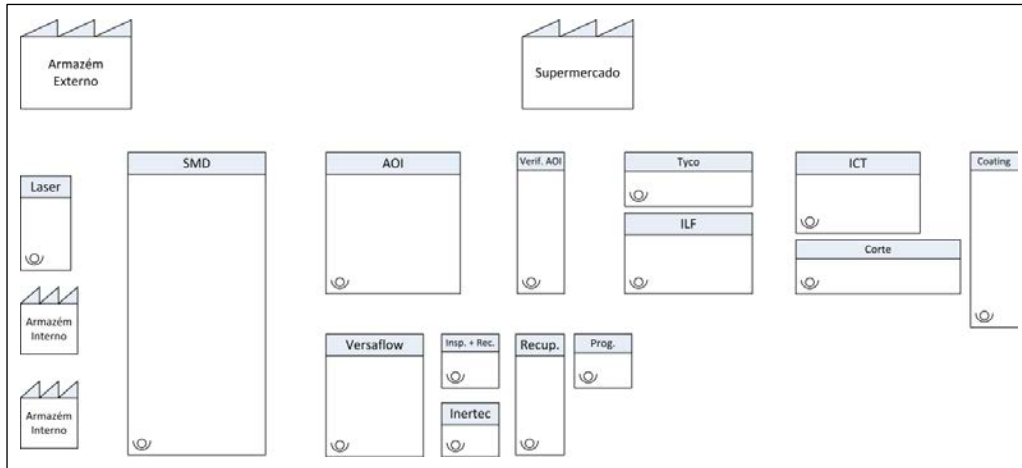


Figura 3.3 - Diagrama funcional da secção de eletrónica.

3.3 - Caracterização do Estado Inicial

Para se compreender a dimensão do problema na organização em estudo, o primeiro passo consistiu em traçar um VSM com o estado atual do processo (Figura 3.4). A visão que esta ferramenta proporciona é de facto valiosa atendendo que, rapidamente se identificaram pontos na cadeia que podiam e deviam ser trabalhados (a vermelho no esquema). Note-se a preocupação em reunir a informação do WIP tanto em horas como em área, uma vez que o objetivo seria reduzir a área, mas como impacto desejado uma redução também do *lead time*.

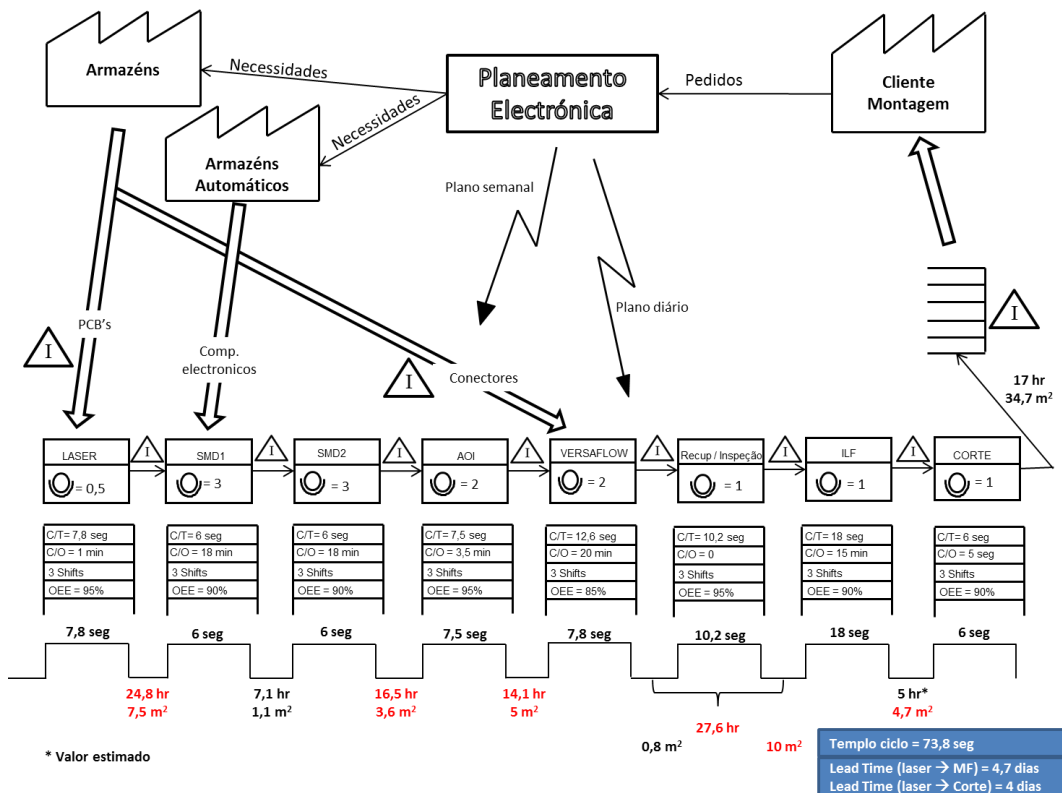


Figura 3.4 - Esquema do Value Stream Mapping do estado inicial.

A organização já tinha assimilado as dificuldades nos processos de AOI e ILF, tendo sido diagnosticado falta de capacidade desses processos pelo que, a opção passou pela aquisição de novas linhas. O objetivo passava então por trabalhar sobre os restantes problemas, reduzindo o WIP em área ocupada e encurtando o tempo de espera dos produtos entre processos. O *lead time* dos processos internos da área de eletrónica era nesta fase de 4 dias, demorando 4,7 dias a ser consumido no cliente interno desde o início da produção.

Além do VSM traçou-se um novo diagrama causa-efeito desta vez espelhando a realidade e as dificuldades atuais da organização face ao WIP (Figura 3.5) e definiram-se igualmente, alguns problemas que poderiam ser abordados no decorrer do projeto (a vermelho).

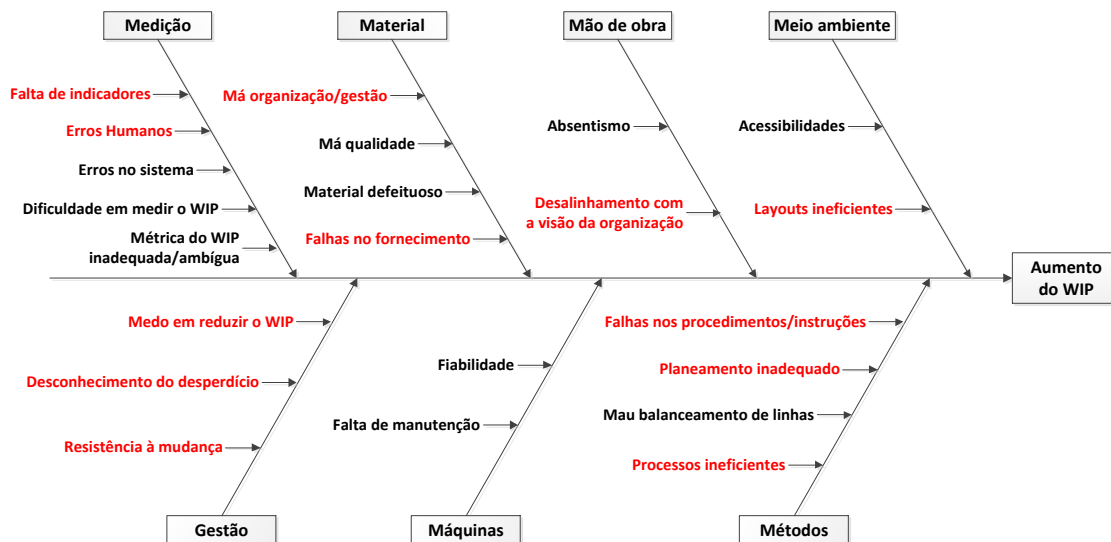


Figura 3.5 - Causas possíveis para o aumento do WIP na Preh.

3.4 - Melhoria da Gestão de Stock de PCBs

A gestão de PCBs foi um dos pontos identificados como alvo de melhoria, quer antes da gravação *Laser* (PCBs não gravados) quer após esse processo (PCBs gravados). O objetivo seria a redução da área de armazenamento e do tempo de espera dos PCBs gravados para aproximadamente 16h (dois turnos).

Situação Inicial

Uma vez que o processo de requisição ao armazém de PCBs não gravados não era organizado, habitualmente observava-se excesso de *stock* e pontualmente falta de placas originando a paragem das linhas SMD. Este processo era também dificultado pela impossibilidade de distinguir as sobras de produção e os PCBs que iriam ser usados na produção, o que originava pedidos extra de PCBs sem qualquer necessidade produtiva.

No supermercado de PCBs gravados observavam-se problemas de FIFO e de placas que se encontravam há muito tempo em *stock*, sem qualquer necessidade a longo prazo. De referir igualmente a dificuldade em detetar irregularidades de excesso ou falta de material, uma vez que o supermercado era comum a todas as linhas e as sobras estavam misturadas com as placas que iam para a produção. A gestão era orientada à referência do PCB, ou seja, os

lugares da estante estavam atribuídos a determinadas referências, o que fazia com que existissem muitos lugares livres na estante.

Análise Kanban

A primeira hipótese a ser estudada foi a realização de um sistema *kanban* para as referências de maior consumo (“*high runners*”). Começou então por fazer-se uma análise 80-20 do consumo total de PCBs desde o início do ano (Anexo D). Das mais de 90 referências em análise, 20 foram consideradas como *high runners* pelo que, rapidamente se verificou que não seria vantajoso a existência de um elevado número de referências em *kanban*. Então, optou-se por analisar apenas as três que se consumiam mais, o que correspondiam a quase 30% do consumo total.

Para o cálculo do ponto de reabastecimento e do lote de reposição reuniram-se os valores do consumo médio diário, do lote de consumo médio e do tempo de reposição. Assim, o ponto de reabastecimento foi calculado da seguinte forma:

$$P_R = \text{Tempo de reposição} \times \text{Taxa consumo} + S_{\min}$$

Este deverá ser sempre maior ou igual que o lote de consumo médio. Além disto, definiu-se que a quantidade do lote de reposição deveria ser igual à do ponto de reabastecimento. O tempo de reposição engloba o tempo que o armazém demora a entregar os PCBs, o tempo médio que os PCBs têm que esperar até que as máquinas laser fiquem livres e o tempo de processamento da marcação laser, num total estimado de aproximadamente 8h. Arbitrou-se um tempo de *stock* mínimo de 4h, obtendo-se os seguintes resultados:

Tabela 3.2 - Cálculos efetuados para a análise *Kanban*.

Referência	Cons. Diário	Média Lote	Taxa Cons. (un/h)	S _{min} (4h)	Reposição (8h)	P.R/L.R	P.R/L.R Corrigido	Nº Caixas	Nº Caixas Total
13250-309/0300	3117	2108	130	520	1039	1559	2108	9	18
13250-320/0400	2390	1721	100	398	797	1195	1721	7	14
13250-432/0400	1785	808	74	298	595	893	893	4	8

40

Numa primeira análise é possível verificar que só estas três referências ocupariam uma estante, havendo ainda necessidade de acomodar as restantes 90 referências. Além do aumento da área necessária para o armazenamento, outro problema prende-se com a grande variação no consumo. Esta variação encontra-se demonstrada nos gráficos do consumo mensal (Anexo D), onde não só se verificam picos diários três vezes maior que a média diária, como também se verificam bastantes dias sem consumo.

Em suma, apesar de se considerar muito vantajoso o uso de sistemas *kanban*, nesta situação específica e para os objetivos traçados (redução da área), optou-se por estudar uma solução alternativa mais de acordo com a realidade dos processos envolvidos.

Implementação de um Novo Sistema de Gestão

O que se propôs foi que a gestão de *stock* estivesse de acordo com as necessidades reais do processo, aplicando uma metodologia *kanban* tendo em conta as horas previstas de produção. Ou seja, recorrendo à gestão visual, o operador das linhas laser sabe exatamente

quantas horas de *stock* de cada linha SMD tem disponível, podendo produzir conformemente com essas necessidades, evitando sempre rutura ou excesso de *stock*.

A implementação do sistema foi realizada em duas fases. Na primeira fase o objetivo consistiu em disciplinar a forma como são pedidos e entregues os PCB's não gravados, tendo sido acordadas com o fornecedor interno as seguintes regras:

- Realização de pedidos e entregas 2 vezes por turno;
- A horas estipuladas;
- O armazém tem no máximo 2h para satisfazer os pedidos;
- O armazém é responsável por fazer o transbordo das placas para o bordo de linha;
- Se houver algum problema os responsáveis devem contactar entre si via telefone.

Na segunda fase implementou-se um novo sistema de gestão de *stock*, que separa as sobras de produção com as placas que vão para a produção. Além disto, cada linha SMD tem uma gestão individual do seu *stock*, havendo possibilidade de se detetar e corrigir situações anómalas rapidamente.

O processo laser recebeu também um programa de apoio ao planeamento da produção, que se encontra exposto no subcapítulo “*Gestão Visual - Sistemas de apoio à produção*”. Para que este sistema fosse claro para todos os colaboradores, realizou-se um procedimento que se encontra em anexo (Anexo E), com uma explicação mais detalhada do sistema implementado.

Resultados Alcançados

Os resultados conseguidos foram surpreendentes, como é possível verificar pelo registo fotográfico do antes e do depois:



Figura 3.6 - Supermercado de PCBs gravados antes (esquerda) e depois (direita).

Antes e após a implementação da melhoria, acompanhou-se o desenvolvimento de quatro indicadores (Anexo F): número de caixas de PCBs gravados, número de PCBs gravados, número de PCBs não gravados e taxa de ocupação da estante. Este último apenas foi medido antes da implementação da melhoria, uma vez que serviu somente para demonstrar a gestão ineficiente de espaço que era feita até então. Além disto, e aproveitando as medições realizadas para o VSM e o WIP, sintetizaram-se os resultados na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Resultados alcançados com a melhoria da gestão de PCBs.

Indicador	Antes	Depois	Redução
Número de estantes necessárias	7	5	29%
Número de carrinhos necessários	8/10	0	100%
Número de caixas necessárias (média)	217	149	31%
Número de PCBs não gravados (média)	11 724	5 939	49%
Número de PCBs gravados (média)	70 533	46 747	34%
Área ocupada PCBs não gravados (m ²)	3,3	1,3	60%
Área ocupada PCBs gravados (m ²)	7,5	5,2	31%
Tempo de espera dos PCBs gravados (h)	25	18,5	26%

A redução do tempo de espera dos PCBs gravados ficou aquém do esperado, apesar de mesmo assim ser muito satisfatória. Isto deve-se à “aversão” que os chefes de turno têm em possuir as linhas paradas, e com receio de que isso possa originar paragens nas linhas que se servem do *stock*, devido, por exemplo, a avarias nas máquinas laser. Uma vez que isto vai contra a filosofia *Just-in-time*, criou-se uma espécie de *poke-yoke* no programa de apoio ao planeamento de produção das linhas laser, garantindo assim que se cumpre com as 16h de tempo máximo de espera.

O ganho conseguido com esta implementação foi de facto notável, não só se reduziu a área ocupada e o tempo de espera dos PCBs, como também se conseguiu reduzir outro tipo de desperdícios. O *pick-up* dos PCBs para as linhas SMD melhorou, uma vez que agora os operadores sabem rapidamente e sem dúvidas onde está o material.

Adicionalmente, este novo sistema também melhorou a gestão visual do *stock* em excesso e disponível para as linhas. Este novo sistema implicou a redução do tamanho do lote na linha *laser*, o que trás muitas vantagens nomeadamente, um *loop* de qualidade mais curto. De notar que esta melhoria não acarretou qualquer custo para a sua implementação.

3.5 - Gestão Visual - Sistemas de Apoio À Produção

Em complemento das alterações efetuadas no *stock* do SMD, realizaram-se também dois novos programas de apoio à produção, inseridos no Excel, que contêm o plano de produção e é utilizado diariamente nessa linha.

Planeamento da Produção Laser

Uma vez que a produção *laser* não era organizada, decidiu-se realizar, com recorrência à gestão visual, um sistema que refletisse as necessidades das linhas a jusante (Figura 3.7). O objetivo seria que, de uma forma rápida e simples, o chefe de turno pudesse definir quando, o quê e quanto produzir. Para isso tentou-se aproximar este sistema a um quadro *kanban*, que através de um sistema de cores estabelece a necessidade de produção.

Linha 1				Linha 2				Linha 3				Linha 4				Linha 5			
Qty	PCB	Cx	Horas	Qty	PCB	Cx	Horas	Qty	PCB	Cx	Horas	Qty	PCB	Cx	Horas	Qty	PCB	Cx	Horas
400	13250-446/0200	1,6	E	1000	13250-487/0200	10,0	E	904	13248-140/2000	2,3	E	120	13250-506/0300	0,8	E	450	13250-793/0000	1,8	E
200	13250-446/0200	0,8	E	3000	13250-309/0300	12,0	12,7	168	13248-140/2000	0,4	E	120	13250-794/0100	0,8	E	78	13250-301/0400	0,1	E
400	13250-446/0200	1,6	E					272	13248-140/2000	0,7	E	60	13250-794/0100	0,4	E	572	13250-301/0400	0,4	E
300	13250-446/0200	1,2	E					904	13248-140/2000	2,3	4,1	90	13250-795/0100	0,6	2,8	78	13250-301/0400	0,1	E
150	13248-277/0100	0,1	7,0					700	13250-330/0500	2,8	6,8	60	13250-795/0100	0,4	3,0	910	13250-301/0400	0,7	E
100	13248-277/0100	0,1	7,2					600	13250-330/0500	2,4	9,5	1000	13250-395/0300	4,0	4,2	286	13250-301/0400	0,2	8,9
150	13248-277/0100	0,1	7,3					600	13250-432/0400	2,4	16,0	3000	13250-320/0400	12,0	11,5	52	13250-301/0400	0,0	6,2
1000	13248-277/0100	0,8	7,5					500	13250-432/0400	2,0	22,5					1690	13250-301/0400	1,3	6,2
1500	13248-277/0100	1,2	8,8					400	13250-432/0400	1,6	26,8					1170	13250-301/0400	0,9	7,3
4000	13248-213/0100	4,0	10,8													3000	13250-270/0800	12,0	17,0
5040	13250-468/0000	3,6	17,2													600	13250-268/0700	4,0	28,5
																600	13250-365/0300	4,0	32,5
																600	13250-398/0300	4,0	36,2
																1500	13250-398/0300	10,0	39,5
																3000	13250-270/0800	12,0	47,5

Figura 3.7 - Programa de apoio à produção do processo Laser.

Além do valor indicativo em horas, por exemplo 7h de stock garantido para a linha 1, o programa oferece também um sistema de níveis por cor:



Desta forma o colaborador tem a noção da quantidade de stock que cada linha tem disponível em horas, podendo reagir e planear da melhor forma a gravação laser. Rapidamente consegue-se retirar toda a informação necessária para alimentar de forma equilibrada e célere todas as linhas SMD.

Linha 1			
Qty	PCB	Cx	Horas
100	13248-277/0100	0,1	E
1000	13248-277/0100	0,8	E
1500	13248-277/0100	1,2	1,5
9296	13250-468/0000	6,6	3,5
13104	13250-468/0000	9,4	11,2
600	13250-348/0000	2,4	14,3
3000	13250-241/0500	3,0	
4000	13250-245/0200	4,0	
1485	13250-401/0100	0,7	

Poke-yoke desenvolvido

Figura 3.8 - Poke-yoke desenvolvido no programa de apoio ao planeamento de produção.

Como já foi explicado, o tempo de espera dos PCBs gravados ainda não era o desejado, pelo que houve a necessidade de melhorar o programa para evitar a produção em excesso. Neste âmbito, implementou-se um quarto nível de cor para o caso do stock já ser o suficiente para a linha (>16h), conforme se verifica na Figura 3.8.

Produtividade em Tempo Real

Outro problema que se fazia sentir nas linhas SMD era a falta de indicadores em tempo real para medir a eficiência da produção, ou seja, era comum as linhas produzirem abaixo do desejado e só se detetar a situação horas depois, ou até mesmo no final do dia.

O objetivo deste programa foi de munir os chefes de turno da capacidade de em tempo real verificarem a produtividade de cada linha e de cada encomenda (Figura 3.9). Desta forma, será possível aplicar medidas corretivas para tentar corrigir o problema e manter o alinhamento com o plano.

Linha 1					Linha 2					Linha 3					Linha 4					Linha 5				
#	Hora P.	Hora I.	Qtd.	Produç.	#	Hora P.	Hora I.	Qtd.	Produç.	#	Hora P.	Hora I.	Qtd.	Produç.	#	Hora P.	Hora I.	Qtd.	Produç.	#	Hora P.	Hora I.	Qtd.	Produç.
22	6:00			0,0%	13	6:00			0,0%	1-	6:00			0,0%	34	6:00			0,0%	30	6:00			0,0%
23	7:58			0,0%	14	7:28	7:40	1300	96,8%	2-	8:12			0,0%	1-	7:04			0,0%	31	8:41	8:35	950	128,6%
24	8:44			0,0%	22	12:26			0,0%	3-	8:55			0,0%	2-	7:41			0,0%	2-	11:59			0,0%
25	10:14	9:54	200	66,7%	22	14:00		391		4-	10:01	10:20	100	64,3%	3-	8:47			0,0%	3-	13:02			0,0%
38	11:08			0,0%						5-	13:01			0,0%	4-	9:24			0,0%					
39	12:02			0,0%						5-	14:00		293		5-	9:51			0,0%					
40	13:29			0,0%											6-	10:57	10:30	50	111,1%					
40	14:00		342												7-	11:39			0,0%					
															8-	12:11			0,0%					
															9-	12:38			0,0%					
															10	13:32			0,0%					
															10	14:00		133						

H. Previstas	4,8	H. Previstas	4,5	H. Previstas	4,3	H. Previstas	5,3	H. Previstas	5,5
H. Trab.	4,8	H. Trab.	4,8	H. Trab.	4,8	H. Trab.	4,8	H. Trab.	4,8
	101%		94%		90%		110%		115%

Figura 3.9 - Programa com indicadores de produtividade em tempo real para as linhas SMD.

O programa é atualizado a cada mudança de turno e regista o horário de trabalho esperado de cada linha durante esse turno, informando a hora prevista a que deve começar cada encomenda.

Outras aplicações

Além destes dois programas, também se aplicaram outros mecanismos visuais nomeadamente, identificações do lugar de equipamentos, ferramentas e materiais, marcações no chão, quadros informativos, entre outros. Na Figura 3.10, encontram-se alguns exemplos:



Figura 3.10 - Exemplos de aplicações que tiram partido da gestão visual.

3.6 - Aplicação dos 5S na Área de ICT/Corte/Coating

Com vista a diminuir o WIP e a melhorar as condições de trabalho dos operadores, optou-se por melhorar a área de ICT, corte e coating. Esta é uma área fisicamente isolada das restantes, devido à sujidade que as suas atividades produzem, sendo apelidada no *gamba* como uma área “suja”.

Um dos primeiros problemas identificados foi a falta de espaço que os operadores têm para se movimentarem e trabalharem, devido à desproporcionalidade entre o espaço livre para deslocação e a quantidade de equipamentos e trabalhadores. Este foi o problema que os operadores mais enunciaram e o que maior impacto tinha no seu ambiente de trabalho.

Outro problema era a forma como os produtos que iriam seguir para os ICT estavam armazenados. Os produtos encontravam-se em caixas ou blisters que eram encastelados até uma altura de um metro e meio em cima de paletes, o que constituía um perigo de segurança para as pessoas, bem como, aumentava a probabilidade de danos nos produtos. Junto das paletes também se encontravam cerca de 5/6 carrinhos, quando estas não eram suficientes.

Apesar de estar alocada nesta área a saída pela qual transitam todos os produtos acabados para o supermercado, não existia uma passagem bem definida e livre no caminho até à porta automática.

A estratégia adotada neste caso foi a aplicação da metodologia 5S, atendendo que esta contribui na criação de um ambiente de trabalho mais organizado, mais limpo e mais eficiente, e eram precisamente estas características que se procurava adquirir nesta área.

1º S - Separação e Triagem

Inicialmente fez-se uma análise ABC das consolas de teste ICT (Anexo G) tendo em conta o consumo desde o início do ano das PCBs que cada equipamento consegue testar. Além desta análise, considerou-se uma classificação D para os equipamentos que ainda não tinham produzido este ano. O objetivo era remover as consolas que raramente eram usadas, ou que tinham pouca probabilidade de serem utilizadas nos próximos meses.

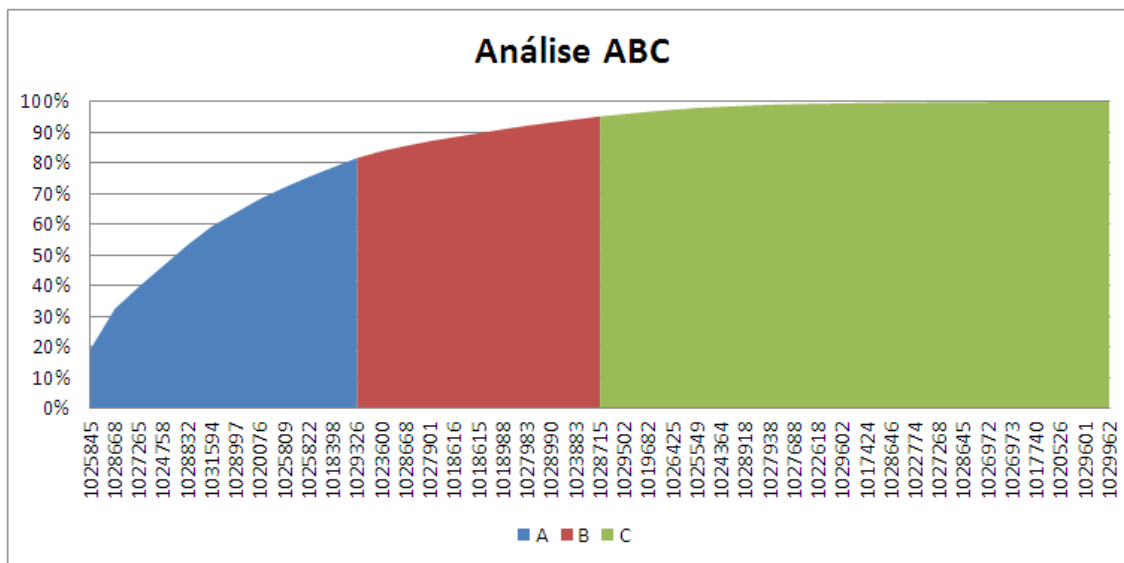


Gráfico 3.2 - Análise ABC às consolas de teste ICT

Com esta classificação foi possível retirar 11 consolas, libertando quase 2 estantes. Foram também retiradas diversas caixas que continham materiais e ferramentas que já não eram usadas, libertando o espaço correspondente a 1 estante.

2º S - Arrumação

Através ainda da análise ABC, foi possível realocar as consolas de uma forma mais acessível aos operadores, tendo em conta a frequência de uso de cada equipamento. Com a libertação do espaço que era ocupado pelos equipamentos, materiais e ferramentas que já não eram usados, alterou-se a forma de armazenamento do *stock* que serve o processo de ICT. Posto isto, eliminou-se o uso de paletes para se passar a armazenar em estantes, aproveitando-se assim as estantes libertadas anteriormente.

Apesar de esta alteração ter tido um impacto bastante positivo, esta área precisava de uma mudança mais profunda. Foram então sugeridos três novos *layouts*, tendo sido escolhido o presente na Figura 3.11. As duas principais vantagens do *layout* proposto face ao atual é uma maior liberdade de movimentos conferida aos operadores, e uma passagem bem definida e desimpedida para o fluxo de saída de produtos.

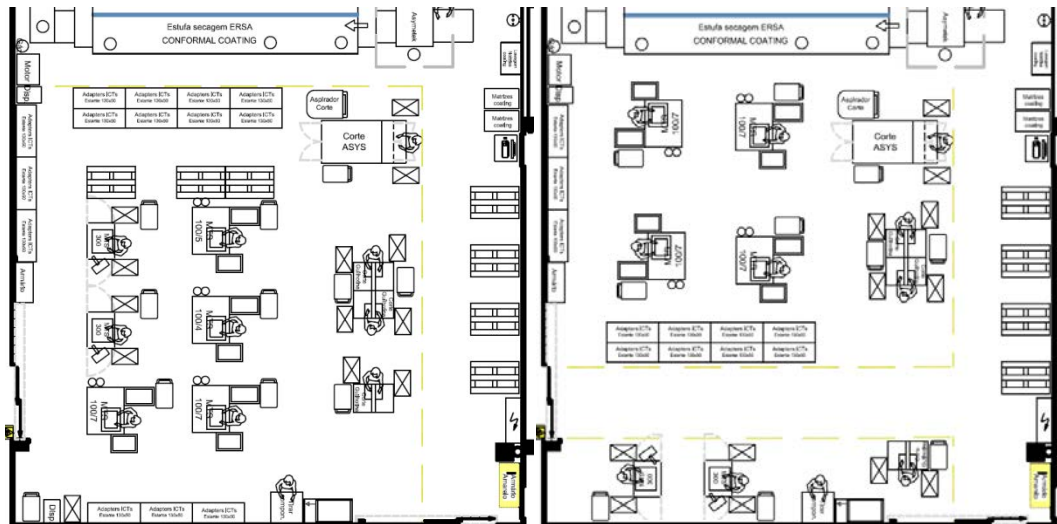


Figura 3.11 - *Layout* atual (esquerda) e *layout* futuro (direita) da área de corte/ICT/*coating*.

A mudança planeada ainda não foi consumada uma vez que, implica grandes mudanças no espaço físico, nomeadamente, alterações na canalização de ar que alimenta os ICTs, mas deverá ser implementada assim que possível.

3º S - Limpeza

Uma vez que esta é uma área com atividades que produzem alguma sujidade, é necessário haver atividades de limpeza constantes e que sejam levadas com rigor. Assim, no final de cada turno cada operador deve limpar o seu posto de trabalho, tentando deixar o local limpo e asseado para o operador do turno seguinte. Além desta ação diária, no início de cada semana é feita uma limpeza rigorosa a toda a área.



Figura 3.12 - Equipamento de limpeza disponível na área de ICT, corte e *coating*.

4º S - Normalização

Para garantir que tudo corre de acordo com o plano delineado é necessário normalizar. Neste passo houve o cuidado de se identificar o lugar de todas as consolas, substituindo algumas identificações antigas que não estavam em bom estado e adicionando outras que não existiam.

Uma vez que não há um local bem definido para estacionar os carrinhos de material com produto acabado, sugeriu-se a marcação do mesmo quando for feita a mudança de *layout*. O ideal será delimitar uma zona que possa incluir apenas 3/4 carrinhos, desta forma não se verifica o que acontece atualmente, ou seja, a acumulação excessiva de carrinhos.

Também foi realizado um A4 com o registo fotográfico do antes e do depois da melhoria realizada (Figura 3.13), para que os colaboradores tenham presente o benefício da melhoria, evitando um retorno à situação anterior.



Figura 3.13 - Registo fotográfico do antes e depois da melhoria feita à área do ICT.

5º S - Sustentabilidade e Disciplina

Este é um passo muito importante e complicado de se cumprir. Após a implementação dos 5S é necessário um trabalho diário na manutenção do sistema, garantindo que tudo é cumprido conforme foi definido.

A melhoria implementada foi bem recebida pelos operadores, que sentiram que as suas condições de trabalho melhoraram. Porém, com o ganho de espaço conseguido, também cresceu a tendência dos operadores pontualmente deixarem os produtos em carrinhos, em vez de fazerem o transbordo para as estantes. Esta situação foi imediatamente sinalizada para que não se tornasse a repetir.

As auditorias internas e as rotinas de fábrica também deverão avaliar as condições desta área, nomeadamente:

- Verificar se as consolas estão no lugar definido;
- Verificar se existem carrinhos com produto e se não há lugar para colocar nas estantes;
- Verificar se o local se encontra devidamente limpo.

3.7 - Gestão de Materiais da *Versaflow/Inertec*

O controlo de materiais que alimentam os processos de soldadura seletiva era realizado imediatamente antes de cada produção. Isto é, sempre que se iniciava uma nova produção o operador da linha iria verificar visualmente se os materiais poderiam ser suficientes ou não. Isto levantava dois grandes problemas:

- O operador tinha que parar a produção e deslocar-se à zona onde estavam armazenados os materiais para os verificar;
- Como a verificação era visual e tendo em conta a experiência do operador, por vezes, o julgamento do mesmo falhava e havia rutura de *stock*, provocando a paragem da linha.

Além disto, o reabastecimento também era desorganizado e muitas das vezes desmedido, uma vez que não havia uma quantidade fixa de reposição. O que acontecia era que para evitar deslocações, a assistente ao serviço da logística, trazia várias embalagens do armazém que só eram consumidas semanas depois. Este excesso de *stock* era acomodado em caixas de cartão no supermercado de produto acabado (Figura 3.14), situação que se pretendia eliminada.



Figura 3.14 - Excesso de *stock* de materiais no supermercado de produto acabado.

O fluxo de informação também era grande:

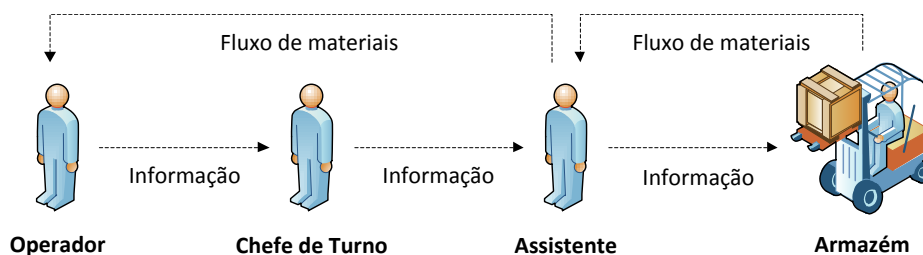


Figura 3.15 - Fluxo de informação e de materiais na gestão de *stock* inicial da *Versaflow/Inertec*.

O objetivo seria tornar a gestão destes materiais o mais automática e organizada possível, evitando que os operadores se preocupassem com esta temática. Além disto, pretendia-se eliminar o desperdício associado a *stock* excessivo, deslocações e tempo de espera, assim como eliminar a necessidade de comunicação entre os vários colaboradores.

Solução Implementada

Para resolver este problema decidiu-se aplicar um sistema *kanban*, estabelecendo um ponto de reabastecimento e um lote de reposição. Uma vez que internamente havia já vários exemplos bem-sucedidos, optou-se por utilizar o sistema de informação da empresa (SAP) que dispõe de uma funcionalidade denominada de “Listas *Kanban*”. Esta aplicação faz com que seja automaticamente impressa uma lista com os materiais a necessitarem de reabastecimento, identificando qual a quantidade a repor.

Decidiu-se utilizar as listas *kanban* para os materiais que se consomem regularmente, e usar um sistema de cartões para os materiais que têm baixo consumo. Neste último sistema o mecanismo que despoleta a necessidade de reabastecimento continua a ser o operador, mas a informação do material e quantidade a repor é transmitida através de um cartão (Figura 3.16).



Figura 3.16 - Cartão *kanban* utilizado na gestão de materiais da Versaflow.

Devido a problemas relacionados com o SAP e com a variação dos lotes de consumo, decidiu-se aproximar o ponto de reabastecimento à média do consumo diário. Para o cálculo do lote de reposição houve a necessidade de conhecer a quantidade da embalagem vinda do fornecedor, uma vez que a este ponto ainda não se põe em causa a hipótese de *repacking*¹¹.

Assim, o lote de reposição teria que ser maior ou igual que o ponto de reabastecimento, e múltiplo da quantidade da embalagem do fornecedor. Definiu-se ainda que a lista deveria sair uma vez por turno (três vezes por dia), o que perfaz um tempo de reposição de aproximadamente 8h.

Depois de ter definido estes dois parâmetros, decidiu-se ajustar as caixas de armazenamento à quantidade necessária. Assim, avaliou-se a capacidade máxima de cada caixa para cada material, e posteriormente definiu-se as caixas de armazenamento de forma a ocupar menos espaço e a garantir o FIFO.

Todos os cálculos envolvidos neste processo encontram-se no anexo H. Os resultados desta alteração foram muito positivos, não só melhorou substancialmente a forma de gestão dos materiais, como também libertou quase a 100% os operadores desta tarefa. Inicialmente houve alguma confusão por parte da assistente da logística, que encontrou uma organização

¹¹ *Repacking* - Termo inglês que significa “reembalar”.

diferente da qual estava habituada. Porém, esta resistência à mudança foi sendo vencida à medida que se ia adaptando ao novo sistema.

3.8 - Em Busca do Fluxo Contínuo

Como já foi demonstrado, uma das grandes causas da acumulação de WIP é a falta de fluxo entre os processos. Uma vez que os processos da área eletrônica têm cadências tão diferentes e não há um único padrão no processo produtivo, existe a necessidade de produzir em lotes e passar esses lotes de processo em processo. Os pontos de acumulação de produto em curso de fabrico encontram-se na Figura 0.4 (Anexo I), e na Figura 0.5 (Anexo I) encontra-se demonstrado a interação entre processos.

Um objetivo que se relevou ser muito interessante foi a busca pelo fluxo contínuo. Não existe uma fórmula que dite a forma de atingir continuidade nos processos produtivos, por isso o ponto inicial foi a discussão da melhor abordagem a este problema.

Para se ter uma maior percepção da relação do fluxo entre os processos criaram-se duas tabelas, uma com o fluxo de saída de cada processo (Tabela 0.5 - Anexo I) e outra com o fluxo de entrada (Tabela 0.6 - Anexo I). Através de uma simples análise destas tabelas, rapidamente se compreende a complexidade do problema.

Inicialmente ponderou-se selecionar os dois ou três produtos que se produzem mais, analisar os seus trajetos e posteriormente aplicar um sistema de prioridades, em que esses produtos tinham sempre prioridade sobre todos os outros. Assim, o *lead time* desses produtos era substancialmente reduzido.

Mais tarde, optou-se por tornar o objetivo mais ambicioso e expandir a análise para todos os produtos que passam nos seguintes roteiros:

- SMD → AOI → *In-Line Flash* → Corte
- SMD → AOI → *Versaflow* → *In-Line Flash* → Corte
- SMD → AOI → *Tyco* → *In-Line Flash* → Corte

Começou-se por reunir todos os produtos e classificá-los de acordo com o tipo de roteiro (Tabela 0.7 - Anexo I). Posteriormente reuniu-se a produção mensal e o tempo de ciclo de todos os processos desses produtos. Com a conjugação desses dois dados obteve-se a carga de cada roteiro em cada processo.

Cruzando esses valores com a capacidade mensal de cada linha, foi possível concluir quantas linhas cada roteiro ocuparia. Os resultados da análise encontram-se sumarizados na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Resultados da análise da carga requerida por cada tipo de roteiro.

	Carga (h)					Produção Total	
	SMD	AOI	Versa (N)	Tyco	ILF	Nº Peças	%
Fluxo N	1.155	704	0	0	1.079	153.831	31%
Fluxo V	221	142	242	0	275	57.395	11%
Fluxo T	253	172	0	205	257	43.184	9%
TOTAL	1.630	1.017	242	205	1.611	254.410	51%
Cap.Disp.	460	460	460	460	460		
Nº Linhas	3,5	2,2	0,5	0,4	3,5		

Atualmente a empresa encontra-se em grande mudança do seu tipo de produtos, o que faz com que no imediato esta análise não possa apresentar resultados suficientemente fiáveis para avançar com qualquer ação. Um exemplo disso está patente na Tabela 3.4, em que esta apresenta mais de 1600 horas de carga para o processo ILF, o que é bem acima da capacidade máxima do processo (1380h). Porém, disponibilizaram-se todas as ferramentas à organização para que esta possa mais tarde avançar com a implementação do projeto.

O que se prevê é que estes três roteiros cubram mais de 80% da produção, e não os 51% apresentados acima. Um cenário possível encontra-se representado na Figura 3.17, em que as únicas linhas em que há “concorrência” entre os roteiros são as linhas ILF.

De notar que ainda existem outros produtos que também partilham os processos de SMD, AOI, Tyco e Versaflo. Neste caso, seria muito vantajoso se fosse possível produzir todos os produtos na quinta linha SMD, e depois irem avançando na cadeia sempre que as linhas estiverem livres, cedendo sempre prioridade aos produtos do fluxo contínuo.

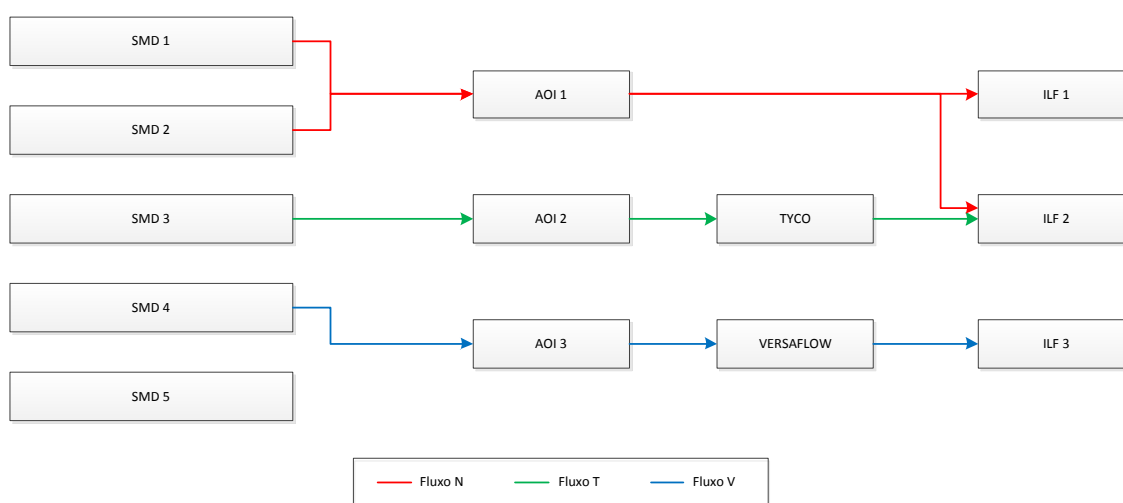


Figura 3.17 - Esquema possível para os roteiros do fluxo contínuo.

Aplicação de *one-piece flow*

Aproveitando este tipo de iniciativa, também se abriu a possibilidade de por em série as linhas AOI com as operadoras de inspeção. Assim, elimina-se a necessidade de *stock* entre estes dois processos, produzindo e passando uma peça de cada vez. Antes de se avançar com uma implementação deste tipo, é necessário uma exaustiva análise ao tempo de ciclo de ambos os processos e às possíveis contrapartidas que possa existir se a junção ocorrer.

Como não houve a possibilidade de abordar a fundo este tema, não será aqui apresentado qualquer resultado. Porém, resta salientar o sucesso da abordagem do estagiário a este problema, que conseguiu sensibilizar a gestão da importância de se estabelecer um fluxo e do impacto que este pode ter na redução do WIP e do *lead time*. Como nota final, destaca-se que a organização estabeleceu o objetivo de implementar uma linha piloto nos próximos dois meses.

3.9 - Aplicação SMED na Versaflow

Com o intuito de diminuir o WIP no processo Versaflow decidiu-se aplicar a ferramenta SMED. O objetivo seria reduzir o tempo de *setup* do equipamento para que este se tornasse mais disponível, aumentando assim a sua produtividade.

A primeira fase deste processo passou pelo levantamento de todas as atividades que são realizadas na mudança de *setup* da máquina. Identificou-se logo aqui um problema que era a inexistência de um padrão nas atividades desempenhadas na mudança. Cada operador executava o *setup* da forma que achava a ideal.

A segunda fase passou pela distinção das atividades que tinham de ser realizadas com a máquina parada (atividades internas) e das atividades que podiam ser efetuadas com a máquina em produção (atividades externas). Com o objetivo de tentar extinguir algumas das operações externas que não eram realmente necessárias, decidiu-se classificar estas em três grupos: deslocamentos (vermelho), arrumação/*picking* (laranja) e limpeza/outras (azul) (Tabela 3.5). Na terceira fase mediu-se a duração aproximada de cada atividade, para se ter uma noção do seu impacto no tempo total de mudança.

Tabela 3.5 - Atividades externas e internas realizadas durante a mudança de *setup*.

ID	Operação	Interna	Externa	Duração (s)
1	Coloca a máquina em modo manual.	X		10
2	Retira a última caixa da produção atual.		X	20
3	Retira o material em uso.		X	15
4	Desloca-se para a estante de material.		X	10
5	Arruma o material.		X	30
6	Verifica se tem material suficiente para a próxima produção.		X	15
7	Desloca-se para a linha.		X	10
8	Retira as máscaras em uso.	X		25
9	Desloca-se para a mesa de manutenção.		X	10
10	Limpa as máscaras.		X	150
11	Desloca-se para a estante de máscaras.		X	15
12	Arruma as máscaras.		X	30
13	Desloca-se para a linha.		X	15
14	Retira os <i>nozzels</i> em uso.	X		45
15	Desloca-se para a mesa de manutenção.		X	5
16	Limpa <i>nozzels</i> .		X	60
17	Arruma os <i>nozzels</i> .		X	5
18	Retira os <i>nozzels</i> para a próxima produção.		X	5
19	Desloca-se para a linha.		X	5
20	Instala os novos <i>nozzels</i> .	X		45
21	Troca o programa da máquina.	X		30
22	Ajusta os parâmetros dos <i>nozzels</i> no PC.	X		30
23	Desloca-se para a estante das máscaras.		X	15
24	Retira as máscaras para a próxima produção.		X	30
25	Desloca-se para a linha.		X	15
26	Coloca as novas máscaras.	X		25
27	Desloca-se para a estante de material.		X	10
28	Retira os materiais para a próxima produção.		X	30
29	Desloca-se para linha.		X	10
30	Coloca os novos materiais.		X	10
31	Ajusta o <i>conveyor</i> .	X		20
32	Coloca a máquina em modo automático.	X		15
33	Coloca a primeira caixa da próxima produção.		X	30
34	Passa uma peça na máquina.	X		120
35	Preenche a Checklist.		X	15
Total				930 seg

Em média, o operador perde 2 minutos em deslocações, 3 minutos e meio em tarefas de arrumação e *picking*¹² de materiais e ferramentas, e 4 minutos em operações de limpeza e outro tipo de operações. No final, o operador consome apenas 6 minutos em operações internas, num total de 15 minutos e meio de tempo total de mudança. No Gráfico 3.3, pretende-se demonstrar a forma como está distribuído o tempo de *setup*.

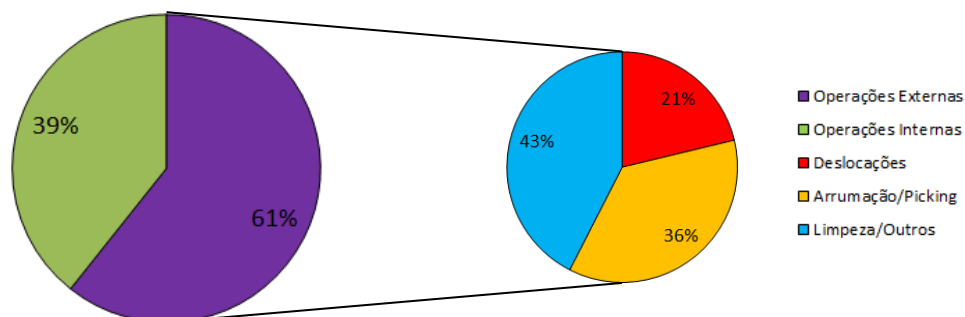


Gráfico 3.3 - Distribuição do tempo de setup da Versaflow.

Solução Proposta

Uma vez que este foi um dos últimos estudos efetuados na empresa, não houve tempo suficiente para avançar com a implementação, porém criaram-se todas as condições para que possa ser implementado mais tarde. O que se propôs foi que quase todas as operações externas fossem realizadas com o equipamento em produção. Porém, uma vez que este é um equipamento que exige uma utilização de quase 100% do operador no período de funcionamento, as tarefas terão que ser realizadas por outro operador externo ao processo.

Para concretizar esta solução será necessário um carro de apoio à mudança de *setup* (Anexo J), que suportará todas as ferramentas e materiais necessários à produção. Este carro deverá ser preparado pelo operador externo, e estar pronto para que a mudança se dê rapidamente. Assim, todas as deslocações (Anexo J) e atividades de limpeza são eliminadas do período de *setup*, sendo este composto apenas pelas seguintes atividades:

Tabela 3.6 - Novo procedimento de *setup* proposto para a Versaflow.

ID	Operação	Interna	Externa	Duração (s)
1	Retira última caixa da produção atual.		X	20
2	Coloca primeira caixa da próxima produção.		X	15
3	Coloca a máquina em modo manual.	X		10
4	Retira o material em uso.		x	15
5	Coloca os novos materiais.		X	10
6	Retira as máscaras em uso.	X		25
7	Coloca as novas máscaras.	X		25
8	Retira os nozzels em uso.	X		45
9	Instala novos nozzels.	X		45
10	Troca programa da máquina.	X		30
11	Ajusta parâmetros dos nozzels no PC.	X		30
12	Ajusta o conveyor.	X		20
13	Coloca a máquina em modo automático.	X		15
14	Passa uma peça na máquina.	X		120
Total				425 seg

¹² *Picking* - Termo inglês que significa “apanhar/recolher”.

Com esta melhoria o tempo de *setup* passará de 15 minutos e meio para 7 minutos, o que representa um ganho de mais de 50%. Para implementar esta solução será necessário uma análise sobre a disponibilidade dos operadores vizinhos a este processo, como por exemplo, dos operadores da inspeção da *Versaflow* ou da linha 2 do SMD. Também será necessário encomendar a produção do carro projetado, o que acarretará custos mínimos face ao ganho esperado.

3.10 - Conclusão

Este terceiro capítulo concretiza o desenvolvimento prático deste projeto. Assim, inicialmente caracterizou-se detalhadamente o problema do WIP, e com recurso a um diagrama causa-efeito identificaram-se causas possíveis para o problema.

Baseado nisto, analisou-se na organização as principais causas que afetavam o WIP e os pontos que deveriam ser melhorados no decorrer do estágio. O mapeamento da cadeia de valor (VSM) também foi muito importante para se identificar dificuldades nos processos, e em particular os pontos da cadeia que mais afetam o lead time com a acumulação de WIP.

Recorrendo a sistemas *kanban* e à gestão visual, foi possível melhorar a gestão de *stock* de PCBs e de materiais da *Versaflow*. Esta melhoria levou não só à redução da área necessária como também melhorou a interação dos operadores com estes sistemas. As soluções implementadas permitiram reduzir a probabilidade de erro humano, e reduziram o desperdício de transporte, tempo de espera e excesso de inventário.

Para auxiliar o trabalho dos *line leaders*¹³ do SMD na gestão do turno, desenvolveu-se uma aplicação que apresenta a produtividade em tempo real de cada linha e de cada produção. Desta forma, podem ser tomadas ações corretivas a tempo de evitar grandes desvios do plano de produção. Este indicador também ajuda a gestão na identificação de problemas.

A metodologia 5S também se revelou muito útil no combate à desorganização da área de trabalho do ICT, corte e *coating*. Apesar da melhoria conseguida com este projeto, é notória ainda a necessidade de ação nesta área. Assim, propôs-se uma mudança de *layout* com o objetivo de criar melhores condições de trabalho para os operadores.

Dois projetos interessantes que não ficaram totalmente concluídos foram a aplicação SMED ao processo *Versaflow* e o novo sistema para melhorar o fluxo entre processos. Apesar disso, demonstrou-se a importância da sua conclusão e o impacto que podem ter na cadeia produtiva.

Considera-se o estudo da melhoria de fluxo entre processos muito interessante e ambicioso, mas ao mesmo tempo muito complexo e moroso. De qualquer forma, pretendeu-se sobretudo demonstrar as vantagens do fluxo contínuo e o impacto que este pode ter no WIP e no *lead time*.

Análise dos Resultados Obtidos

Para se poder analisar o impacto das medidas tomadas no decorrer do estágio, nada melhor do que observar a evolução do WIP (Gráfico 3.4). Efetuaram-se medições deste indicador (em área) desde o início da criação da equipa de melhoria. Além disto, também foi medido o WIP e o *stock* de produto acabado em valor monetário (Anexo K).

¹³ *Line Leader* - Termo inglês que significa “chefe de turno”.

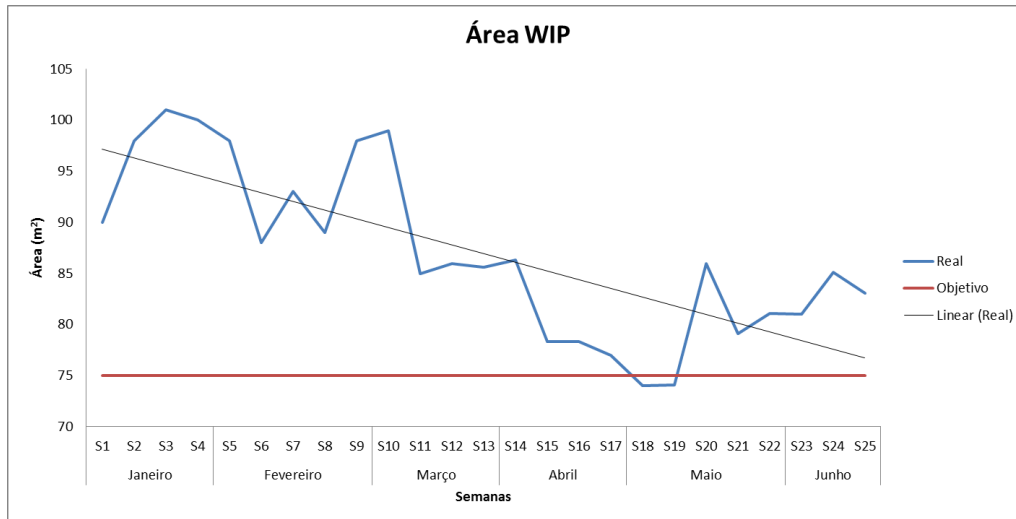


Gráfico 3.4 - Evolução da área ocupada pelo WIP.

Como é possível verificar houve uma redução significativa da área ocupada pelo WIP, tendo-se registado duas semanas abaixo do valor objetivo. De notar que este objetivo foi traçado para ser cumprido até final do ano, e que se está a meio desse ciclo. Assim, considera-se que os resultados são muito satisfatórios e que estão reunidas todas as condições para se cumprir com o estabelecido.

É de realçar que no início do estágio a média da área ocupada pelo WIP era de quase 94 m² enquanto no final era de 80 m², o que resulta numa redução de quase 15%. Excluindo o supermercado, obteve-se um ganho de aproximadamente 27%.

Pela análise do gráfico presente no Anexo K, é possível concluir que a tendência que se tem verificado é a diminuição do WIP, mas ao mesmo tempo o aumento do *stock* de produto acabado. A mesma conclusão pode ser retirada através da decomposição do WIP nas diferentes áreas em que foi medido (Anexo K). No Gráfico 3.5, encontra-se sintetizado a evolução das áreas do início até ao final do projeto.

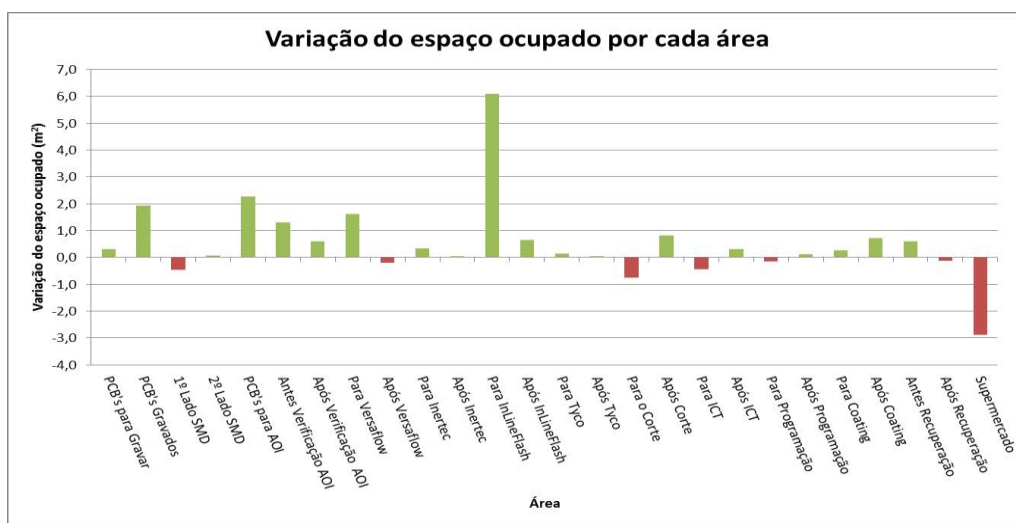


Gráfico 3.5 - Variação do espaço ocupado pelas várias áreas do início para o fim do projeto.

Como é possível verificar, os três pontos onde houve maior redução do espaço ocupado foram o stock da ILF, da AOI e do SMD (PCBs gravados). O supermercado foi o ponto em que se registou a maior perda, seguido do stock do corte e do 1º lado do SMD.

Para complementar o estudo é importante analisar que impacto é que esta redução do WIP teve no lead time. Assim, optou-se por fazer um novo mapeamento da cadeia de valor (Figura 3.18).

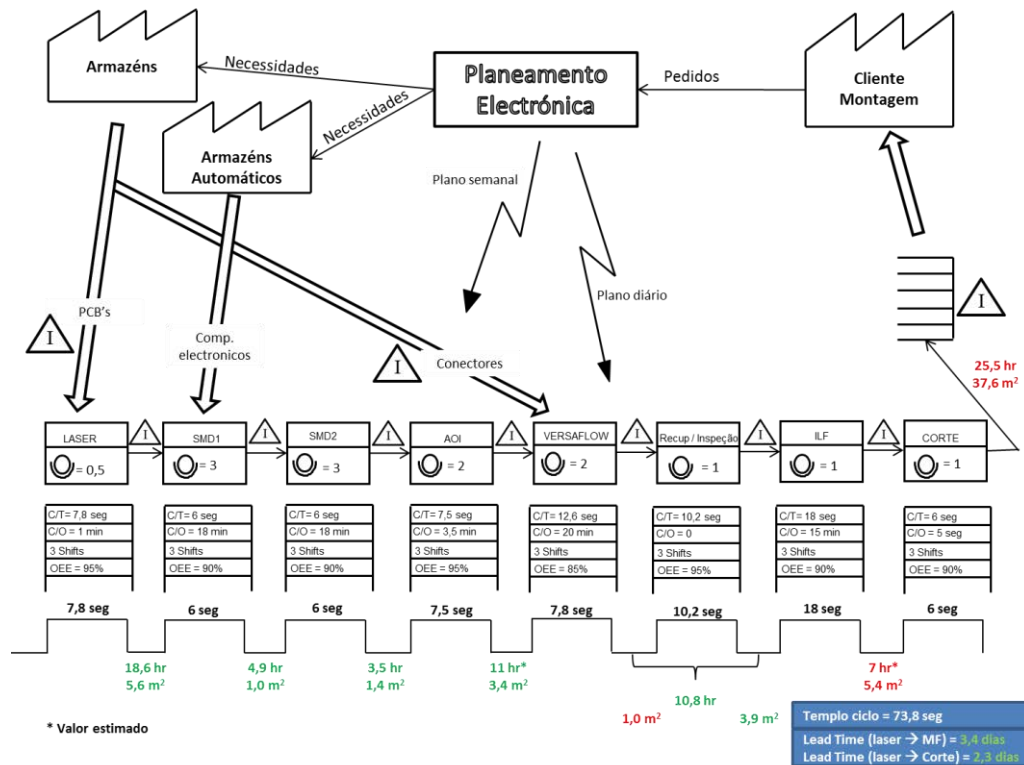


Figura 3.18 - Esquema do Value Stream Mapping do estado final.

Comparando com o estado inicial da cadeia, verifica-se que se melhorou alguns processos (a verde) enquanto outros pioraram (a vermelho). A tendência é a mesma verificada anteriormente, ou seja, melhoria dos processos de SMD, AOI e ILF, e perda no stock de produto acabado. Estes resultados eram esperados, uma vez que se focaram as atenções no início e centro da cadeia, sendo espectável um aumento do WIP nos últimos processos.

O maior ganho foi conseguido nos processos SMD, AOI e ILF, devendo-se sobretudo à melhoria alcançada na gestão de PCBs e à aquisição das novas linhas. É de realçar a redução significativa no lead time interno de mais de 40%, e uma redução do lead time, do ponto desde que se inicia a produção até ao consumo da placa eletrónica, de aproximadamente 28%.

Capítulo 4

Conclusão e Perspetivas Futuras

4.1 - Conclusão

Concluído este projeto, e analisando a situação atual da seção de eletrónica, é evidente que houve uma melhoria significativa face ao ponto de partida. Assim, e tendo em conta os objetivos traçados para este estágio e para este projeto de investigação, considera-se que os mesmos foram concluídos com sucesso.

O estudo intensivo de ferramentas e metodologias *Lean*, apoiado numa sólida formação académica, permitiu a implementação de práticas na organização que conduziram à melhoria do seu sistema produtivo.

A aplicação de *kanbans* na gestão de *stocks* revelou ser uma ferramenta simples e eficaz no combate à redução de desperdício. A melhoria na organização dos *stocks* fez com que os colaboradores perdessem menos tempo na manutenção dos mesmos, e ajudou também na redução da área ocupada.

O desenvolvimento de aplicações de apoio à produção com a disponibilização de indicadores ajuda a que os colaboradores estejam mais cientes dos objetivos da organização, e facilita a identificação de problemas. Além disto, os indicadores auxiliam a gestão na tomada de decisões - “gestão baseada em factos e dados”.

Os 5S constituíram uma ferramenta de enorme valor na organização e disciplina da área de trabalho. A triagem e a arrumação de equipamentos e ferramentas foram importantes para a libertação de espaço. Além disto, também se fez uma pequena mudança de *layout* e sugeriu-se outra ainda maior.

Apesar de não se ter concluído a implementação na totalidade, ficou patente o impacto que a metodologia SMED pode ter no tempo de *setup*, com a redução esperada de 50%. Uma vez que os operadores do processo têm que estar permanentemente a alimentar o equipamento, não têm disponibilidade para efetuar outras operações com a linha a produzir. A solução encontrada passou pela definição de um carro de apoio à mudança de *setup*, que será preparado por um operador externo ao processo.

Outro desafio que não ficou concluído foi a definição de um sistema que favorecesse o fluxo entre processos. Este desafio lançado pelo aluno à organização, revelou ser muito

complexo e aliciante. O impacto que a redução dos lotes e o balanceamento das linhas têm no fluxo e no WIP foi demonstrado, o que levou a organização a definir novos objetivos.

A criação de fluxo contínuo através de prioridades e balanceamento de linhas para os produtos com maior procura, e a criação de *one-piece flow* entre dois processos, são dois novos temas de estudo da equipa de melhoria da secção de eletrónica.

A gestão visual acompanhou a aplicação das restantes ferramentas no decorrer do projeto e foi fundamental para que os sistemas fossem corretamente apreendidos e utilizados pelos colaboradores.

O apoio e cooperação dos operadores, chefes de turno, diretores de produção e engenheiros de processo no decorrer de todo o projeto foram absolutamente cruciais para o sucesso do mesmo. O espírito de melhoria em que se envolve atualmente a organização facilitou o desenvolvimento deste estudo, tendo sido possível agir sobre várias áreas produtivas e aplicar diversas ferramentas *Lean*.

O objetivo proposto pela organização da redução do WIP demonstrou ser muito interessante, uma vez que envolve uma infinidade de situações que podem agravar este problema. Desta forma, constitui um tema de estudo com um vasto campo de ação e rico em oportunidades de melhoria.

A redução do WIP em 27% e a redução do *lead time* em 40% constituem a prova do sucesso deste trabalho e da eficiência das práticas *Lean*. A secção de eletrónica da Preh está atualmente melhor preparada para lidar com variações na procura, podendo entregar mais rapidamente e na altura devida um produto de maior valor e qualidade ao cliente.

4.2 - Perspetivas Futuras

Apesar de se ter cumprido com todos os objetivos propostos, sentiu-se a necessidade de estender o contributo para outras áreas. Assim, neste subcapítulo serão apresentadas propostas de melhoria que visam reduzir o desperdício e aumentar a produtividade da organização.

Melhoria do Processo de *Coating*

O *coating* é um dos processos semi-automáticos que exige muita disponibilidade do operador. Assim, a produtividade deste processo pode ser influenciada pelo operador e pela velocidade que consegue desempenhar as suas funções.

Atualmente o operador tem que pegar no leitor de código de barras para registar todas as peças, e posteriormente colocar as peças duas a duas na caixa de produto acabado. Isto constitui duas tarefas distintas.

Com o objetivo de diminuir o tempo que o operador perde com estas operações, sugere-se uma mudança no leitor de código de barras (Figura 4.1). Pretende-se que este esteja numa posição diferente, que permita que o operador ao retirar as peças da máscara para colocar na caixa, possa registar imediatamente as peças com a passagem das mesmas à frente do sensor.



Figura 4.1 - Área de registo e remoção das peças do processo de *coating*.

Outra melhoria que se propõem é a instalação de luz negra na zona de registo das peças (Figura 4.1). O objetivo é melhorar o processo de inspeção das peças, que é facilitado com a presença de luz negra (Figura 4.2).

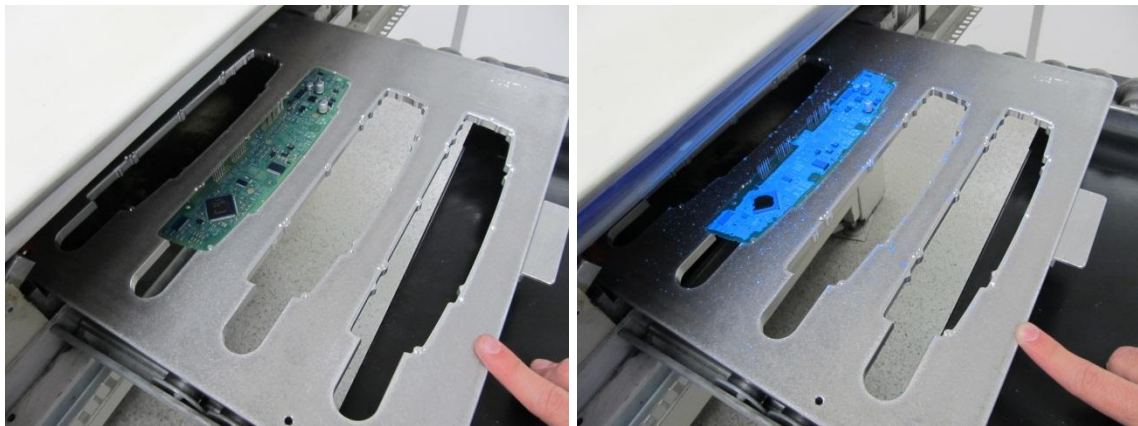


Figura 4.2 - Diferença da visibilidade do verniz com (direita) e sem (esquerda) luz negra.

Criação de Supermercado Independente

Esta ideia surgiu com o trabalho realizado na gestão de *stock* de PCBs e de materiais da *versaflow*. O que se sugeriu foi a implementação de um supermercado que servisse exclusivamente a secção eletrónica. Além do supermercado, deverá ser criada uma rota de abastecimento associada ao *mizusumashi* que a organização dispõe.

Assim, será possível gerir da melhor forma os materiais, abrindo-se a possibilidade de *repacking*, situação que atualmente não é viável. Ao fazer-se o reabastecimento através do comboio logístico, também haverá uma redução do tempo de entrega que permitirá aumentar a frequência de abastecimento. Tudo isto contribui para uma menor quantidade de material nas áreas de trabalho.

Esta aplicação envolve que sejam feitos estudos de localização do supermercado, mudanças de *layout*, dimensionamento do supermercado (estantes, caixas, embalagens do fornecedor, etc), cálculo de rotas do *mizusumashi*, cálculo de *kanbans* para os materiais, entre outros.

Balanced Scorecard

Outra situação que deverá ser melhorada é a definição de objetivos de produção e disponibilização de informação para os colaboradores. Uma solução que poderia ser aplicada no *gemba* era a implementação de um *balanced scorecard*.

O objetivo é que os colaboradores tenham metas para atingir e que dessa forma se sintam motivados. Além disso, deverão ser disponibilizados indicadores orientados à qualidade, para que desta forma haja um equilíbrio entre a produtividade e a qualidade dos produtos.

Dois indicadores que se sugeriram que fossem expostos no *gemba*, mesmo sem a aplicação do BSC, foi o número de propostas de melhoria por colaborador por ano e a taxa de aprovação dessas propostas. De preferência este indicador deve ser dividido por equipas de trabalho, de maneira a aumentar o espírito de competitividade interna. Também poderão ser expostos os valores da Toyota como referência:

“A companhia (Toyota) implementa 90% das melhorias propostas pelos seus colaboradores...e cada um destes contribui com 10 propostas por ano.” [27]

Anexos

Anexo A - Planeamento de Atividades

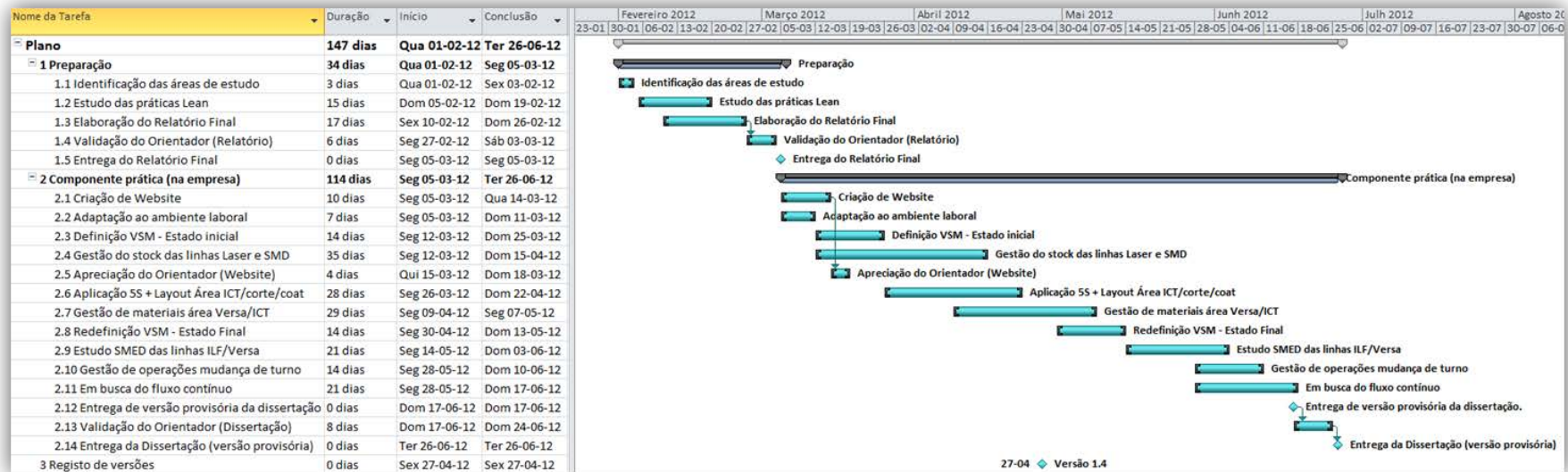


Figura 0.1 - Planeamento temporal das tarefas realizadas neste estudo.

Anexo B - Causas do aumento do WIP

Tabela 0.1 - Relação entre os problemas e o seu impacto no WIP.

		Impacto		Problema																				
		Dificuldade em identificar problemas	Produção em excesso	Dificuldade em definir objetivos	Dificuldade na tomada de decisão	Paragens de produção	Ocupação desnecessária dos operadores	Baixa produtividade	Avarias nos equipamentos	Variabilidade na produção	Flutuação do WIP	Longas paragens de produção	Desvio do plano de produção	Más condições de trabalho	Atrasos no fornecimento/entrega	Má qualidade dos materiais/ produtos	Produto desalinhado com as especificações do cliente	Processo sobrecarregados	Necessidade de Rework	Operadores insatisfeitos	Lotes de grande dimensão	Obstáculo à melhoria	Colaboradores desmotivados	
Medição	Falta de indicadores	●	○	●	○																			
	Erros humanos	●	●			●	○												●					
	Erros no sistema	●	○			○	○												○					
	Dificuldade em medir o WIP	●		●	○																			
	Métrica do WIP inadequada/ambígua	●																						
Material	Má organização/gestão					●	●	○																
	Má qualidade					○	●	○	○										●					
	Material defeituoso					●	○	○	●										●					
	Falhas no fornecimento					●																		
Mão-de-obra	Absentismo					●		○		●	●		○		○									
	Baixa motivação/satisfação							●		○	○		○	○										
	Baixa polivalência							○			●								●		○			
	Falta de Qualificação/Experiência							○	●	○		●	○		●	○			●			○	○	
	Desalinhamento com a visão da organização		○					○														●	●	
Meio ambiente	Temperatura									○				●		○					●			
	Poluição (poeiras, sujidade, etc)									○				●		○					●			
	Acessibilidades														○		○							
	Layouts ineficientes							●		○					○						○			
	Fraca ligação com fornecedores/clientes														●	○	●		○					
Métodos	Falhas nos procedimentos/instruções					○	●	○							●	○		○						
	Planeamento inadequado		●			○		○			○				●							●		
	Mau balanceamento de linhas					○		●			●								●		○			
	Processos ineficientes						●	●		○								○			○			
	Má gestão de recursos		○					○																
Máquinas	Fiabilidade					○	●	●		○	●	○		○							○			
	Falta de apoio dos fornecedores								○														○	
	Falta de manutenção					○		●			○													
	Equipamentos inadequados							○						○	●	○			●		○			
	Baixa capacidade							●							○				●					
Gestão	Medo em reduzir o WIP	●	●																				●	
	Desconhecimento do desperdício	●		○	○																		●	
	Falta de recursos/investimento																						●	○
	Resistência à mudança			○	●																		●	○
	Descrença nos colaboradores	●			●																		●	●

Legenda: ● Forte correlação ○ Fraca correlação

Anexo C - Layout da secção de eletrónica

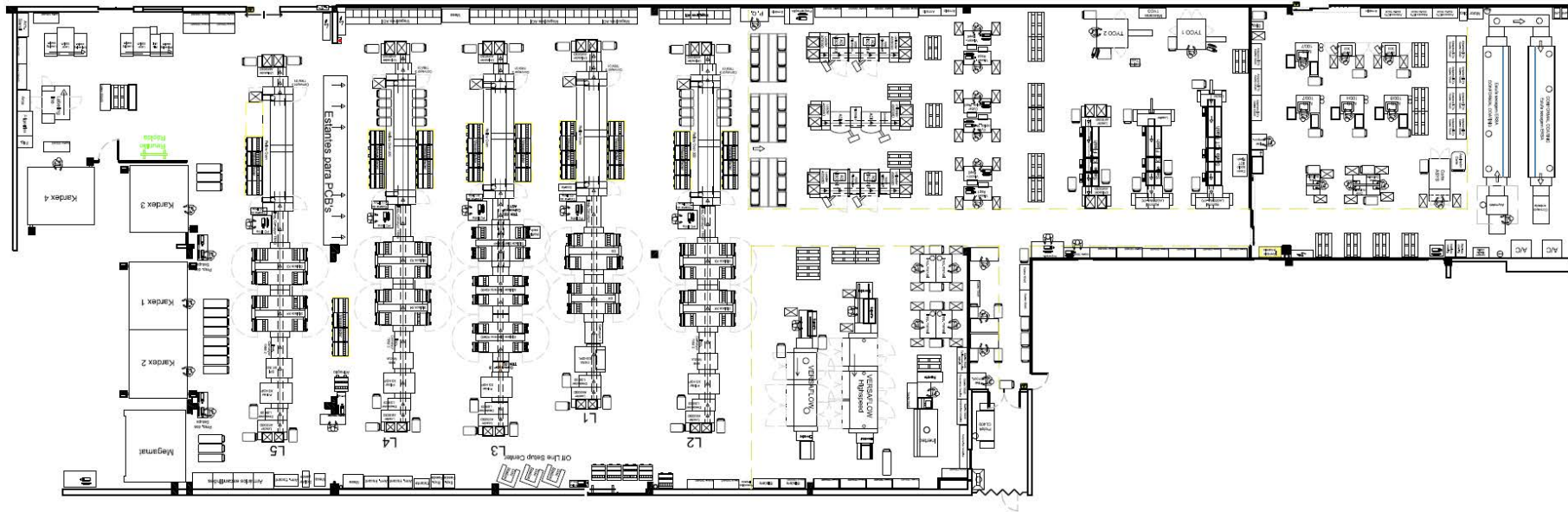


Figura 0.2 - Layout da secção de eletrónica da Preh.

Anexo D - Análise Kanban para o stock de PCBs gravados

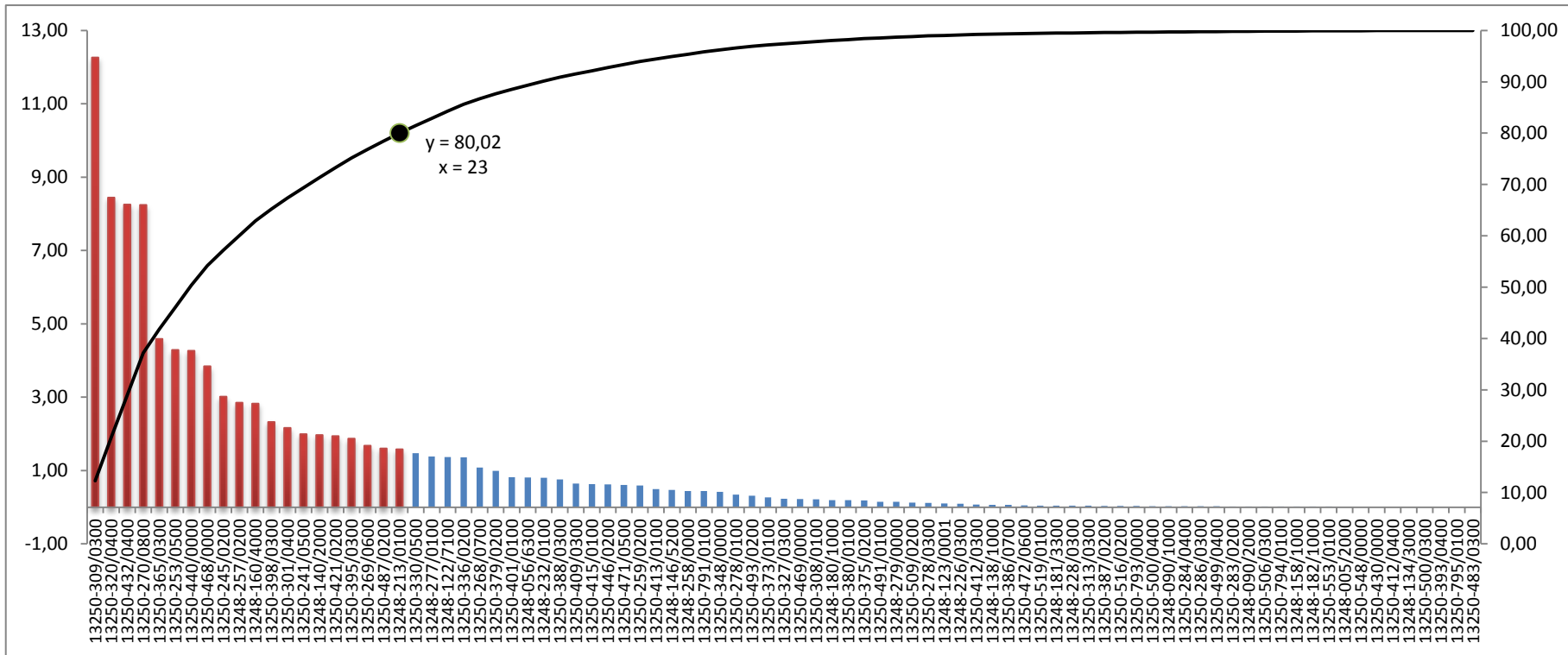


Gráfico 0.1 - Diagrama de Pareto do consumo de PCBs.

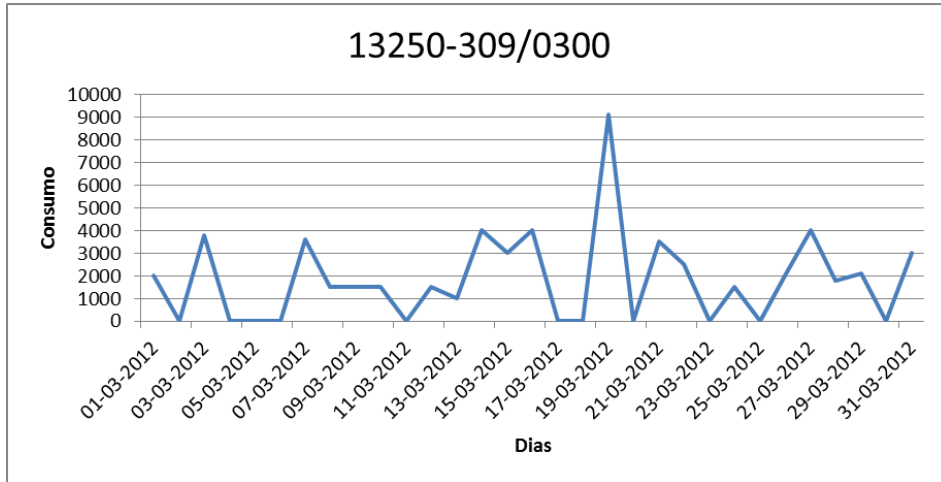


Gráfico 0.2 - Variação do consumo do PCB com maior consumo no mês de Março.

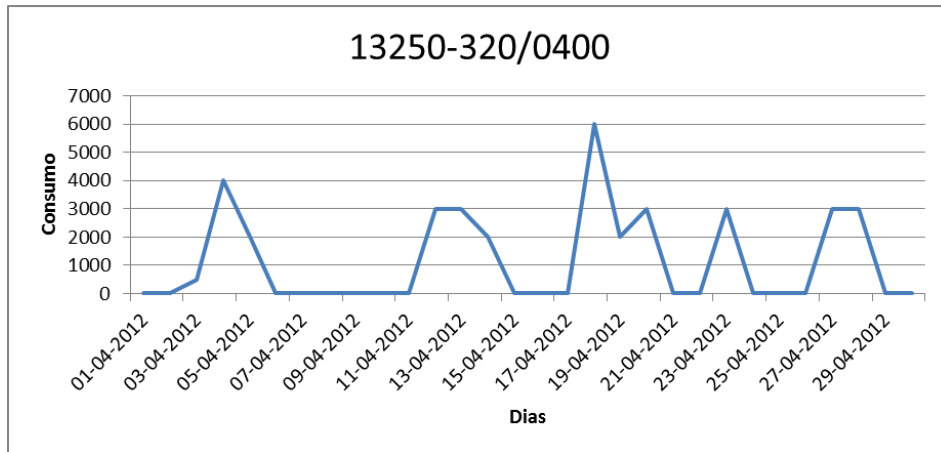


Gráfico 0.3 - Variação do consumo do PCB com o segundo maior consumo no mês de Abril.

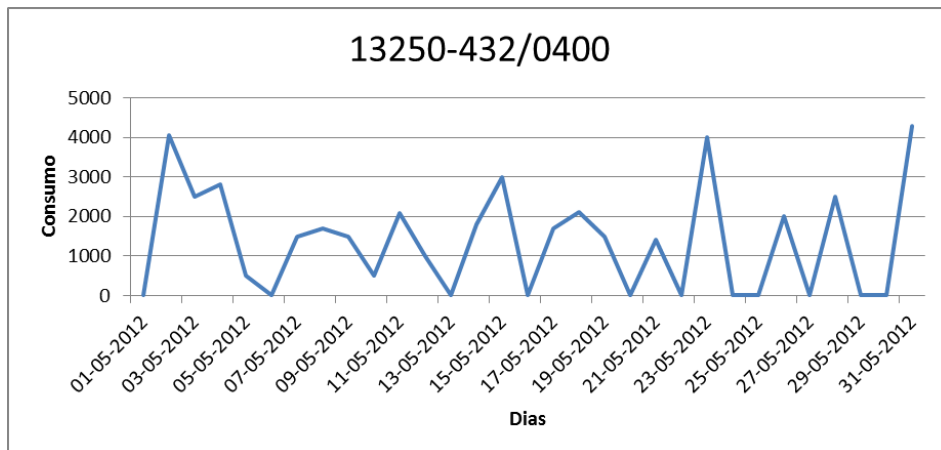


Gráfico 0.4 - Variação do consumo do PCB com o terceiro maior consumo no mês de Maio.

Anexo E - Procedimento do novo sistema de gestão de stock de PCBs gravados

Supermercado de PCB's gravados

Como está organizado

- A cada andar da estante corresponde uma linha SMD, de cima para baixo Linha1- 2 -3 -4 e Linha 5.
- Em cada andar, existe uma fila de PCB's gravados organizada segundo o plano de produção de cada linha, com um avanço de **16h** de produção.
- O ponto de retirada está identificado com uma etiqueta com a palavra "FIFO".

Como abastecer o supermercado

- O material deve ser colocado no fim da fila e no andar da linha a que se destinam os PCB's

Como retirar do supermercado

- O material deve ser retirado do início da fila e no ponto onde se encontra a etiqueta "FIFO".



Gestão do excesso de stock

- Sempre que sobrem PCB's da produção estes deverão ser alocados na estante reservada para o efeito.
- Esta estante encontra-se junto às máquinas de marcação laser e tem lugares reservados para cada referência de PCB.
- Se não houver lugar na estante para a referência em questão, esta deve ser acomodada em carrinhos junto à estante.
- Antes de se pedir e etiquetar novos PCB's, é obrigatório verificar se existe na estante, qual a quantidade e ajustar o pedido.
- Para que o FIFO seja cumprido, os PCB's existentes na estante de sobras, têm de ser os primeiros a ser consumidos.

Tratamento de exceções

- **Introdução de novas ordens:** Se forem introduzidas novas ordens, que impliquem alterações na fila, esta deve ser reorganizada, arrastando as caixas existentes e introduzindo as novas na sequência pretendida.
- **Grandes alterações na fila:** Se a mudança anterior, implicar grandes alterações, nesse caso, pode ser aberta uma exceção e a nova ordem deve ser acomodada em carrinhos junto à estante.
- **Exclusão de ordens:** Se forem excluídas ordens existentes, a fila deve sofrer alterações por forma a refletir essa mudança. As caixas retiradas devem ser alocadas na estante das sobras, podendo ficar em carrinhos caso não haja espaço na mesma.
- **Mudança na ordem das encomendas:** Se houver mudança na ordem das encomendas no plano, a fila deve também refletir essa mudança.

Anexo F - Evolução dos indicadores do stock de PCBs

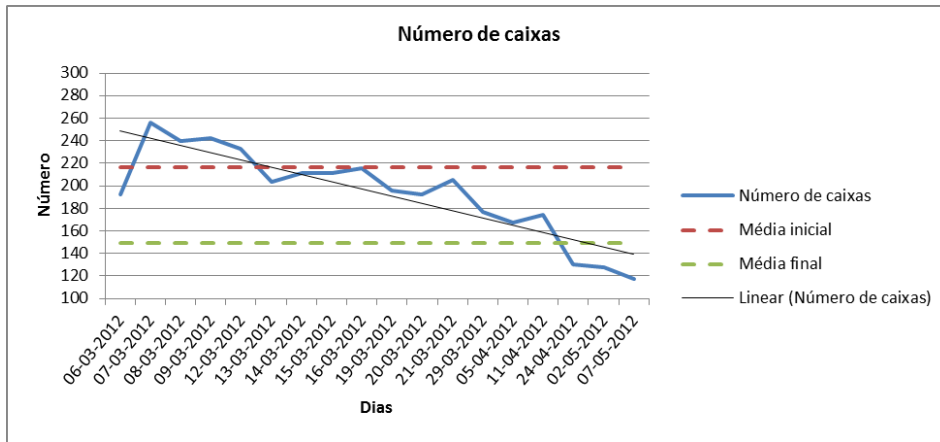


Gráfico 0.5 - Evolução do número de caixas de PCBs gravados.

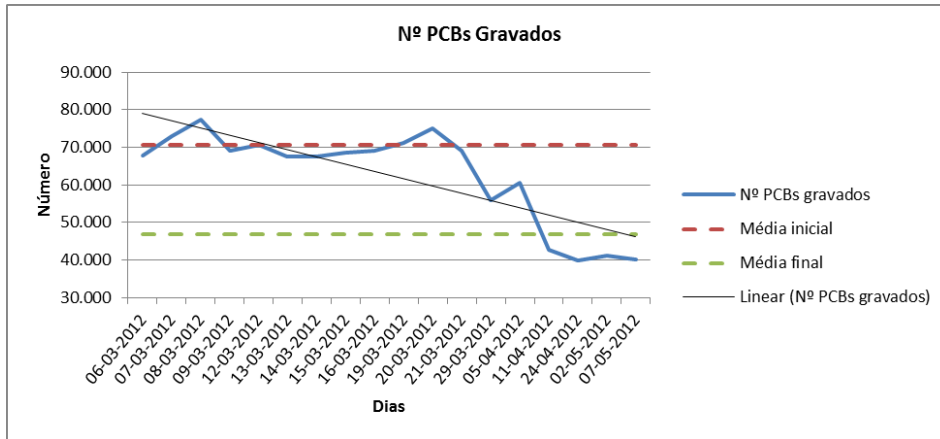


Gráfico 0.6 - Evolução do número de PCBs gravados.

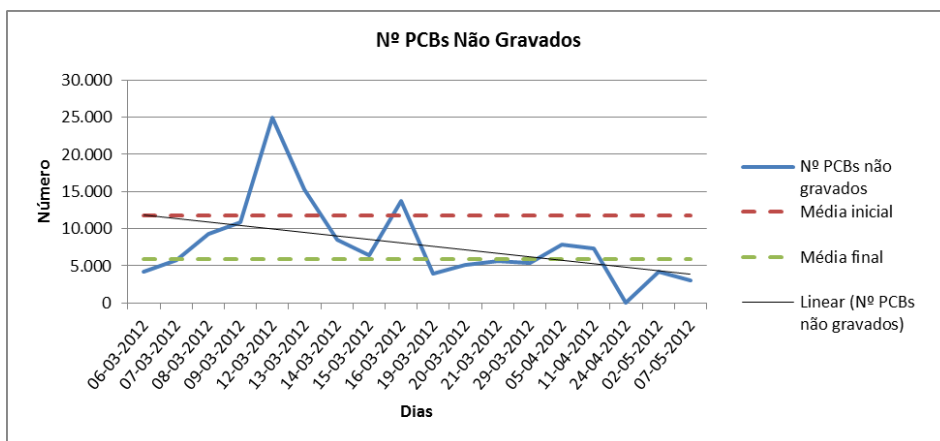


Gráfico 0.7 - Evolução do número de PCBs não gravados.

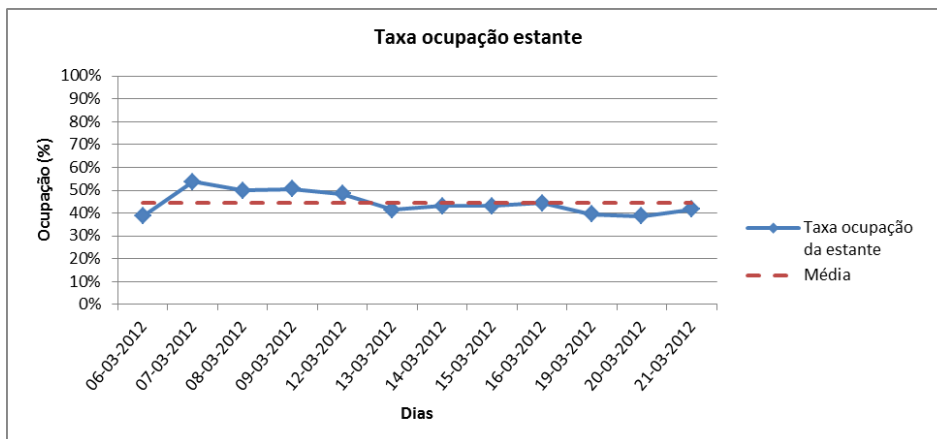


Gráfico 0.8 - Variação da taxa de ocupação da estante de PCBs gravados.

Anexo G - Análise ABC aos equipamentos de teste ICT

Tabela 0.2 - Análise ABC aos equipamentos de teste ICT.

Equipamento	PCB	Último Consumo		Consumo Total	Análise ABC		
		Mês	Ano		Acum.	% Acum.	Class.
1025845	13250-309/0300	04	2012	58427,5	58427,5	19%	A
1028668	13250-270/0800	04	2012	39277,5	97705	32%	A
1027265	13250-365/0300	04	2012	21868,5	119574	40%	A
1024758	13250-253/0500	04	2012	20440	140014	47%	A
1028832	13250-440/0000	04	2012	20332,5	160346	53%	A
1031594	13250-468/0000	04	2012	18317	178663	59%	A
1028997	13248-257/0200	03	2012	13587	192250	64%	A
1020076	13248-160/4000	04	2012	13464	205714	68%	A
1025809	13250-398/0300	04	2012	11079	216793	72%	A
1025822	13250-301/0300	03	2012	10310,5	227104	75%	A
1018398	13248-140/2000	04	2012	9384	236488	79%	A
1029326	13250-421/0200	03	2012	9245	245733	82%	B
1023600	13248-122/7100	03	2012	6524	252257	84%	B
1028668	13250-268/0700	04	2012	5160	257417	86%	B
1027901	13250-379/0000	03	2012	4725	262142	87%	B
1018616	13248-056/6000	05	2012	3850	265992	88%	B
1018615	13248-056/6000	05	2012	3850	269842	90%	B
1018988	13248-232/0100	04	2012	3820	273662	91%	B
1027983	13250-388/0200	03	2012	3609	277271	92%	B
1028990	13250-409/0100	07	2012	3055,5	280326	93%	B
1023883	13250-415/0100	04	2012	2984	283310	94%	B
1028715	13250-415/0100	04	2012	2984	286294	95%	C
1029502	13250-413/0100	03	2012	2360	288654	96%	C
1019682	13248-146/5200	03	2012	2256	290910	97%	C
1026425	13250-348/0000	04	2012	2005	292915	97%	C
1025549	13250-278/0100	03	2012	1633	294548	98%	C
1024364	13250-373/0100	03	2012	1260	295808	98%	C
1028918	13250-327/0300	03	2012	1100	296908	99%	C
1027938	13250-380/0100	03	2012	912	297820	99%	C
1027688	13250-278/0300	03	2012	560	298380	99%	C
1022618	13248-226/0300	03	2012	450	298830	99%	C
1029602	13250-412/0200	08	2012	354	299184	99%	C
1017424	13248-138/1000	01	2012	305	299489	100%	C
1028646	13250-386/0500	04	2012	304,5	299794	100%	C
1022774	13248-228/0300	03	2012	197	299991	100%	C
1027268	13250-313/0300	01	2012	190	300181	100%	C
1028645	13250-387/0300	03	2012	174	300355	100%	C
1026972	13250-286/0300	02	2012	120	300475	100%	C
1026973	13250-286/0300	02	2012	120	300595	100%	C

74 Anexos

1017740	13248-090/1000	05	2012	120	300715	100%	C
1020526	13248-158/1000	01	2012	88	300803	100%	C
1029601	13250-393/0300	03	2012	25,5	300828	100%	C
1029962	13250-483/0300	03	2012	2	300830	100%	C

1023278	13250-251/0400	06	2011	0			D
1023511	13248-259/0100	01	2011	0			D
1031595	13250-469/0000	07	2011	0			D
1027264	13250-268/0600	03	2010	0			D
1026934	13250-311/0100	02	2010	0			D
1019519	13248-156/2000	08	2010	0			D
1018729	13248-142/0000	01	2009	0			D
1026438	13250-363/0000	12	2008	0			D
1015695	MUITO ANTIGO						D
1017361	MUITO ANTIGO						D
1029015	Agora passa na ILF						D

Anexo H - Cálculo do sistema *kanban* para o stock de materiais da *Versaflow*

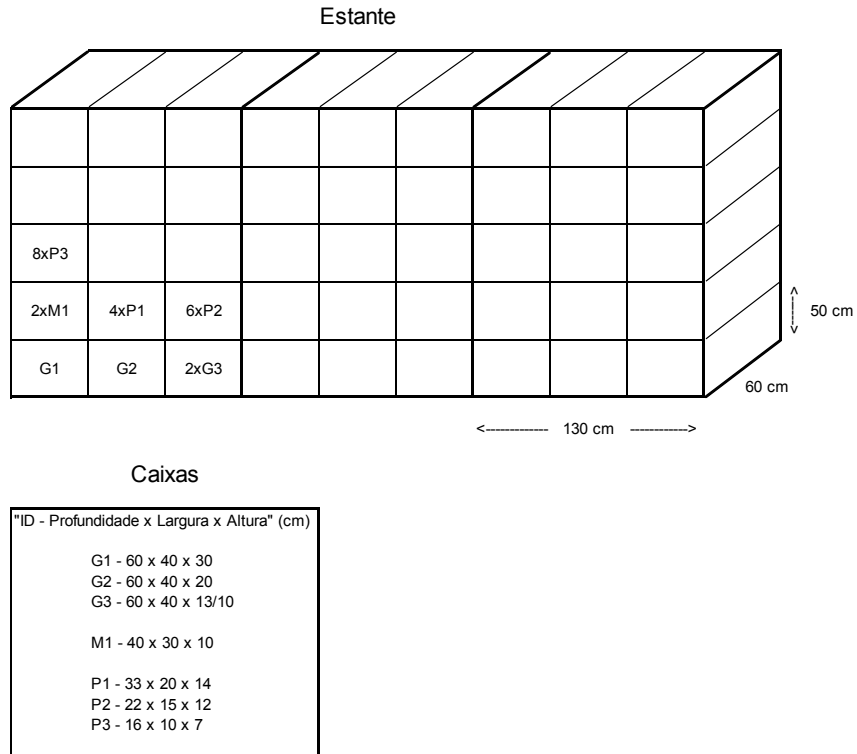


Figura 0.3 - Desenho da estante e definição das caixas do *stock* de materiais da *Versaflow*.

Tabela 0.3 - Cálculos efetuados para o ponto de reabastecimento e lote de reposição dos materiais da Versaflow.

Componente	Freq.	Cons.	Ponto Reab.	Qtd Armz	Nº caixas	Lote Rep.	Qtd Máx.	Caixa Definida
05080-184/0000	19%	974	1000	5000	1	5000	6000	M1+P2
05080-185/0000	18%	1066	1000	5000	1	5000	6000	M1+P2
05109-963/0000	6%	370	N/D	250	2	500	1000	2xG3
05109-964/0000	6%	468	N/D	250	2	500	1000	2xG3
05112-822/0000	51%	119	200	?	?	400	600	G2
05117-607/0000	2%	7	N/D	1179	1	1179	1186	P3
05119-393/0000	79%	1751	1150	384	3	1152	2302	G2
05119-458/0000	72%	731	660	220	3	660	1320	2xG1
05119-498/0000	48%	468	440	220	2	440	880	G1
05119-502/0000	8%	53	N/D	3000	1	3000	3053	P1+P3
05119-543/0000	83%	1688	2000	4160	1	4160	6160	G2+P2
05119-547/0000	40%	219	300	1500	1	1500	1800	P1+P3
05119-555/0000	50%	121	120	384	1	384	504	G1
05119-556/0000	52%	120	120	384	1	384	504	G1
05119-563/0000	18%	533	600	200	3	600	1200	P1 + P3
05119-579/0000	14%	295	300	1000	1	1000	1300	P1 + P3
05119-583/0000	2%	108	N/D	858	1	858	958	2xM1
05119-585/0000	58%	301	300	1680	1	1680	1980	G3 + P2
05119-592/0000	2%	7	N/D	700	1	700	707	G2
05119-595/0000	1%	10	N/D	700	1	700	710	G2
05119-598/0000	51%	123	120	648	1	648	768	G1
05119-599/0000	83%	1680	1700	1700	1	1700	3400	G2
05119-607/0000	1%	240	N/D	384	1	384	384	G2
05119-612/0000	6%	468	N/D	250	2	500	1000	M1+P3
05119-635/0000	42%	754	750	1000	1	1000	1750	P1 + P3
05119-656/0000	2%	7	N/D	1472	1	1472	1479	G2
05120-002/0000	42%	546	440	440	1	440	880	2xG2
05134-001/0000	44%	142	140	500	1	500	640	G2
05134-006/0000	3%	25	N/D	432	1	432	457	G2+G3
05134-007/0000	13%	324	300	500	1	500	800	G1
05135-133/0000	49%	1323	1300	4000	1	4000	5300	G2+P1
05198-154/0000	83%	3433	1360	680	2	1360	2720	2xG1
05198-489/0000	23%	448	500	1890	1	1890	2390	G3
05198-573/0000	32%	389	340	170	2	340	680	G2+G3
12331-268/0002	31%	402	400	500	1	500	900	2xM1+P1
12411-851/0000	27%	232	240	240	1	240	480	G3/G4
12411-855/0000	20%	126	200	200	1	200	400	G3
12411-856/0001	44%	271	260	130	2	260	520	G2+G3
12411-857/0001	28%	178	180	130	2	260	440	G2+G3
12411-859/0003	3%	128	N/D	695	1	695	825	G2
12411-860/0003	8%	187	N/D	514	1	514	714	G2
12411-873/0000	6%	468	N/D	?	?	500	968	M1+P3
12411-927/0002	7%	773	N/D	?	?	700	1473	P2
12411-975/0000	3%	640	N/D	1080	1	1080	1720	M1+P3

Anexo I - Material de apoio ao estudo do fluxo contínuo

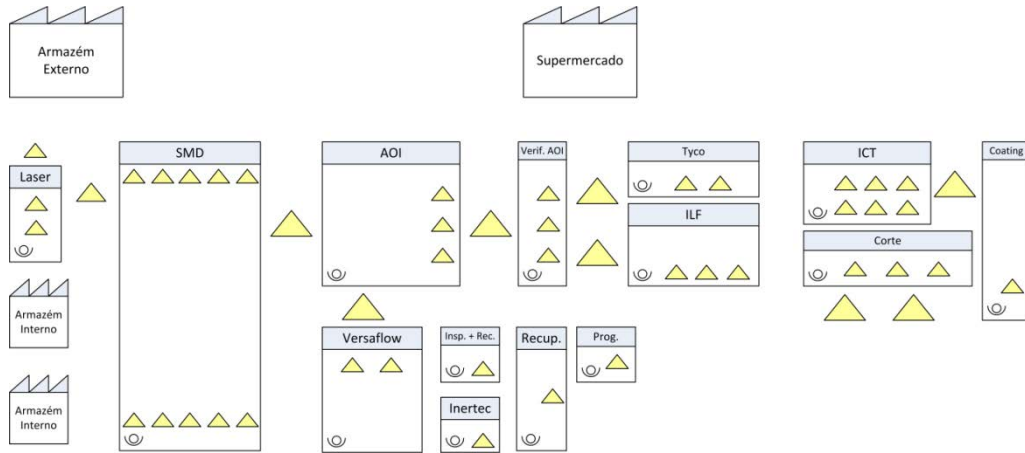


Figura 0.4 - Diagrama funcional com as localizações de acumulação de WIP nos processos.

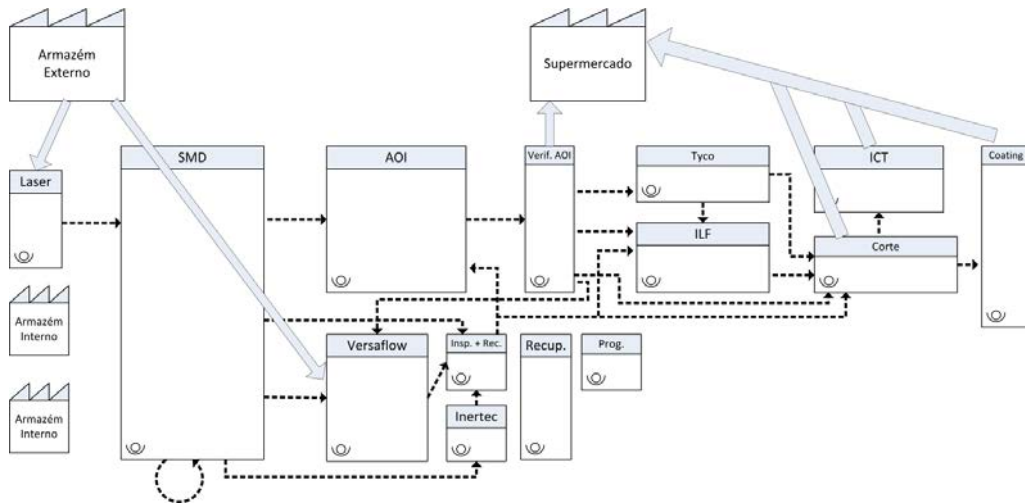


Figura 0.5 - Diagrama funcional do fluxo entre processos.

Tabela 0.4 - Legenda com os id's dos processos usados na análise de fluxo de valor.

id	Processo
1	SMD 1
2	SMD 2
3	AOI
4	Versaflow
5	Inertec
6	Inspecção visual
7	TYCO
8	InLineFlash

id	Processo
9	Coating
10	Corte Manual
11	Depaneling
12	ICT
13	Soldadura Manual
14	Programação
0	Saída

Tabela 0.5 - Fluxo de valor entre processos (relativo ao processo seguinte) - Deve-se ler: "82% dos produtos que "saem" no processo 1 vão para o processo 2".

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	0
1	82%	3%	15%											
2		93%			7%									
3			15%			21%	31%		30%					2%
4					100%									
5					100%									
6		33%					28%		15%		24%			
7							37%		12%	51%				
8									98%	2%				
9														100%
10			6%	7%				18%			23%		1%	45%
11											82%			18%
12												6%		94%
13														100%
14								100%						

Tabela 0.6 - Fluxo de valor entre processos (relativo ao processo anterior) - Deve-se ler: "100% dos produtos que "entram" no processo 2 vêm do processo 1".

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	100													
3	3%	80%				16%								
4	44%		42%							14%				
5										100				
6		12%		75%	13%									
7			100											
8			58%			27%	15%							
9										92%				8%
10			33%			8%	3%	56%						
11							91%	9%						
12						28%				49%	23%			
13												100		
14										100				
0			2%						15%	40%	2%	38%	2%	

Anexo J - Proposta de melhoria baseada na metodologia SMED

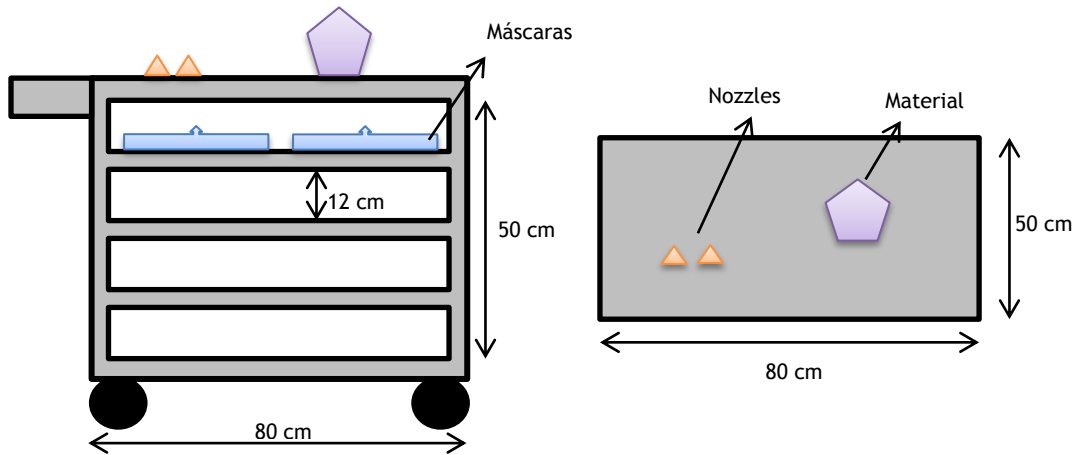


Figura 0.6 - Desenho do carro de apoio ao *setup* da Versaflow.

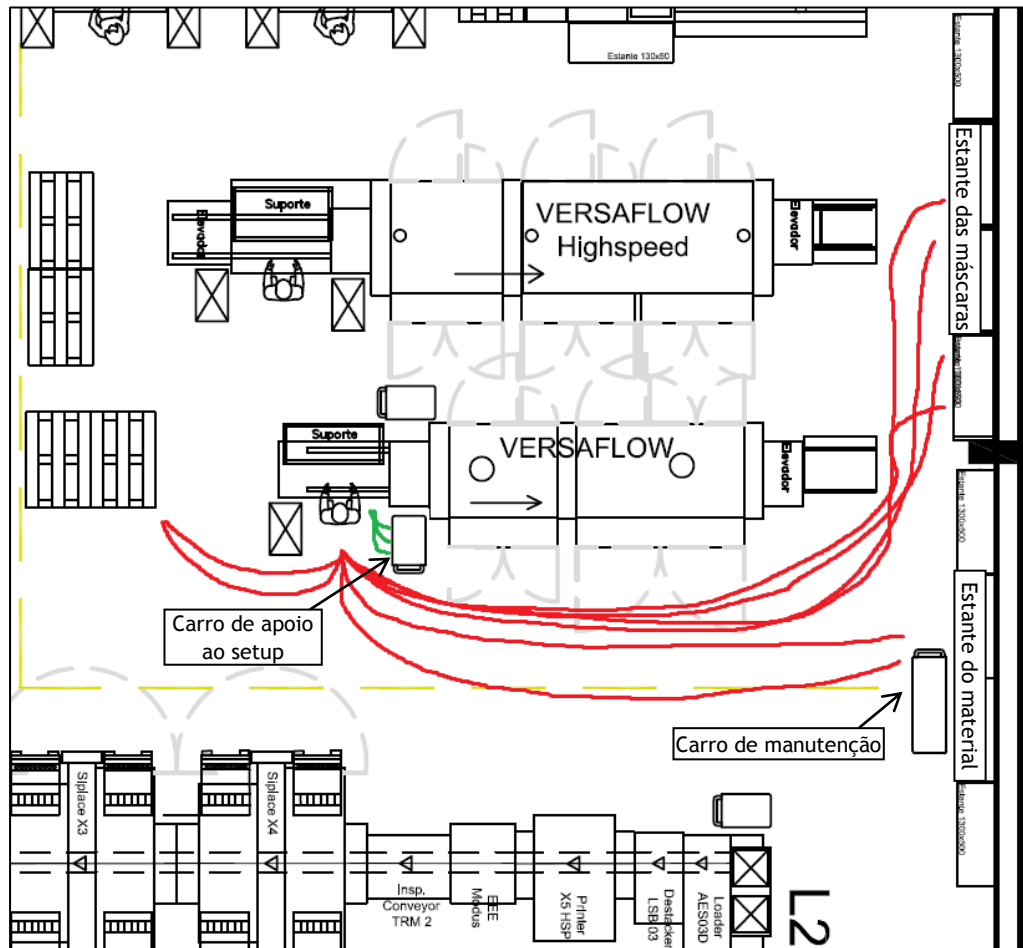


Figura 0.7 - Deslocações do operador no *setup* antes (vermelho) e após (verde) o SMED.

Anexo K - Indicadores para análise final

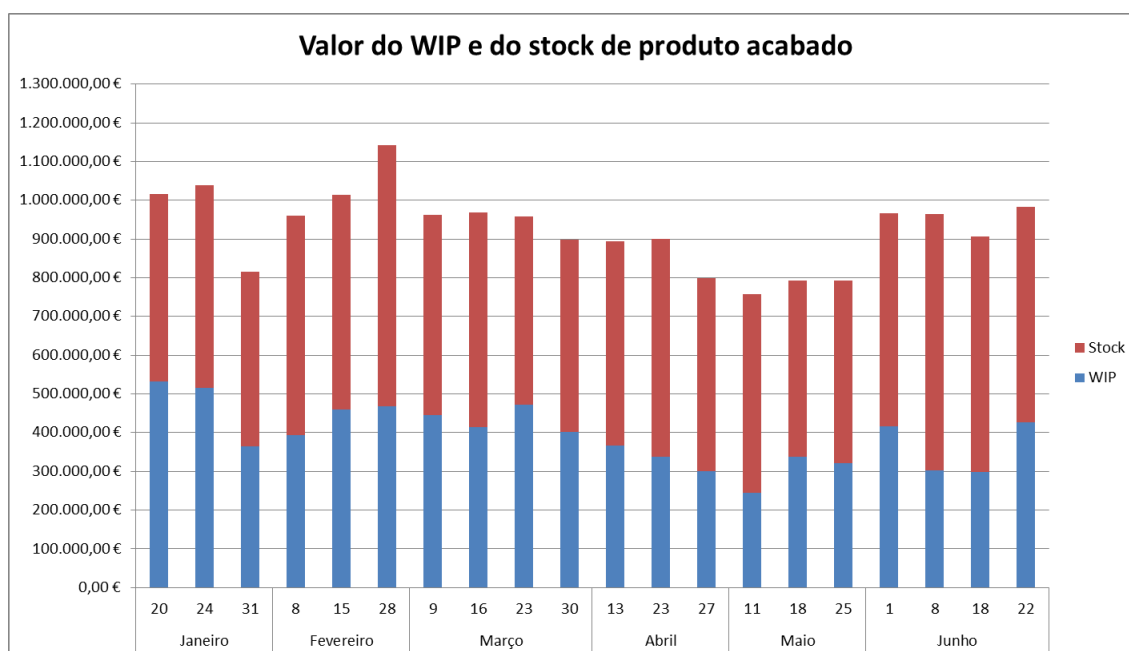


Gráfico 0.9 - Evolução do valor do WIP e do stock de produto acabado.

Tabela 0.8 - Valor da área ocupada pelos vários locais de acumulação de WIP, antes e depois do estágio.

Área	Antes	Depois	%
PCB's para Gravar	2,4	2,1	13%
PCB's Gravados	7,5	5,6	26%
1º Lado SMD	1,5	1,9	-31%
2º Lado SMD	1,1	1,0	6%
PCB's para AOI	3,6	1,4	62%
Antes Verificação AOI	5,3	4,0	25%
Após Verificação AOI	1,0	0,4	60%
Para Versaflo	5,0	3,4	32%
Após Versaflo	0,8	1,0	-25%
Para Inertec	0,8	0,4	43%
Após Inertec	0,2	0,2	20%
Para InLineFlash	10,0	3,9	61%
Após InLineFlash	1,1	0,4	60%
Para Tyco	2,9	2,7	5%
Após Tyco	0,1	0,1	44%
Para o Corte	4,7	5,4	-16%
Após Corte	1,2	0,4	69%
Para ICT	4,3	4,8	-10%
Após ICT	0,6	0,3	49%
Para Programação	0,3	0,4	-48%
Após Programação	0,1	0,0	81%
Para Coating	1,2	0,9	22%
Após Coating	1,2	0,5	60%
Antes Recuperação	1,9	1,2	33%
Após Recuperação	0,2	0,3	-69%
Supermercado	34,7	37,6	-8%
Total	93,6	80,3	14%

Glossário

6M - Material, Mão-de-obra, Máquina, Medição, Métodos e Meio-ambiente, as seis componentes básicas que afetam o processamento de uma tarefa.

5S - Cinco palavras japonesas, todas iniciadas com a letra “s”, que estabelecem o ambiente cultural para a melhoria contínua e que permitem a criação de ambientes de trabalho adequados ao controlo visual e *lean production*.

7 Desperdícios - Atividades que não adicionam valor ou que limitam a rentabilidade de um negócio. As sete formas de desperdício são: excesso de produção, transporte, tempos de espera, processos inadequados, inventário, defeitos de fabrico e movimentação das pessoas.

A

Análise ABC - Método de gestão, que orienta os gestores no sentido do que é importante, sem se dispersarem com o que é trivial ou acessório. Também é conhecido como a regra 20/80 ou regra de Pareto.

B

Balanced Scorecard - Ferramenta estratégica utilizada para avaliar o modo de atuação de uma organização, que equilibra os aspetos financeiros e não financeiros na gestão e definição da estratégia. Nesta análise são usados indicadores financeiros, de operações, clientes, colaboradores e fornecedores.

Batch (Lote) - O oposto de *one-piece flow*. A prática de se produzir grandes lotes do mesmo produto.

Bottleneck (Gargalo) - Recurso que impede o normal funcionamento de um sistema, ou que não permite a evolução do mesmo. Pode envolver os equipamentos, os materiais, as práticas de gestão, ou outros fatores externos. Também determina a capacidade de resposta de um sistema.

C

Capacidade - É o volume de output que um sistema consegue realizar em condições normais, ou seja, aquilo que o sistema é capaz de fazer. Deve ser medido em tempo (ex. horas) evitando-se unidades.

Carga - É a quantidade de trabalho (ordens, pedidos, encomendas) que é solicitado ao sistema de trabalho. Deve ser apresentada na mesma unidade que a capacidade para que possam ser comparadas. Desta comparação resulta o indicador “ocupação”.

Ciclo PDCA - Ciclo de melhoria contínua que significa “Planear-Fazer-Verificar-Agir”. O PDCA não só descreve as mudanças que devem ser efetuadas numa organização, mas também a forma de implementação dessas mudanças.

Conformidade - Grau ou taxa de satisfação de um produto ou serviço de acordo com as especificações e requisitos do cliente.

Continuous Improvement (Melhoria Contínua) - O compromisso diário para melhorar processos, recursos e práticas de gestão.

D

Diagrama de Causa Efeito (Ishikawa) - É uma representação gráfica que ajuda a identificar, explorar e mostrar as possíveis causas de uma situação ou problema específico. Cada diagrama tem uma grande seta apontando para o nome de um problema. Os ramos que saem dessa seta representam as categorias de causas, tais como: mão-de-obra, materiais, máquinas, etc. As setas menores representam itens dentro de cada categoria.

E

Eficiência - É o rácio entre o resultado alcançado e o valor esperado (padrão). Mede a capacidade de um sistema alcançar os seus objetivos.

F

FIFO (First In First Out) - Sistema usado para manter ordem no processo de satisfação de pedidos dos clientes, no qual, atende-se em primeiro lugar (*first out*) os primeiros pedidos (*first in*).

Flexibilidade - É a capacidade de adaptação a novas circunstâncias. Esta permite à empresa a melhoria da sua capacidade de resposta e entrega. A flexibilidade pode-se manifestar em tempo, variedade e volume.

Floor Space ou Shop Floor (Chão de Fábrica) - O total de espaço construído de uma empresa.

Fórmula 5W2H - Tem como objetivo dar resposta a sete questões importantes e têm aplicação em qualquer processo de decisão. Estas questões são: quem (*who*), o quê (*what*), onde (*where*), quando (*when*), porquê (*why*), como (*how*) e quanto (*how much*).

G

Gemba - Significa “local de trabalho” (planta fabril). *Gemba kaizen* significa melhoria contínua no local de trabalho.

Genchi Gentutsu - Expressão que significa “vai e vê tu mesmo - vai ao *gemba* e vê o que realmente lá se passa”.

Genjitsu - Termo Japonês para “os factos” ou a “realidade”.

Gráfico de Gantt - Um gráfico de controlo desenhado para o acompanhamento da execução dos planos de tarefas.

H

Heijunka - Significa: nivelar ou tornar suave. Envolve o nivelamento da carga de forma a garantir um fluxo contínuo de materiais e de informação pela fábrica. Consegue-se, assim, minimizar *stocks* e tempos mortos.

I

Inventory (Inventário) - É toda a matéria-prima, peças compradas, trabalho em processo e produtos finais que ainda não foram vendidos aos consumidores.

J

Jidoka (Automação) - Termo japonês que significa “automação inteligente”. Está relacionado com a capacidade dada aos equipamentos de detetar erros e para o processo de fabrico se necessário.

Just-In-Time (JIT) - Sistema de produção repetitiva no qual o processamento e movimentação de materiais ocorre à medida que estes são necessários, usualmente em pequenos lotes. Este sistema produz mesmo no momento exato da necessidade porque utiliza o sistema pull (apoiado no *kanban*).

K

Kaizen - Palavra que tem como significado “*kai*”, mudança, modificar, melhorar e “*zen*”, bom, virtude, e que significa melhoria contínua. Pode envolver pessoas e equipamentos.

Kanban - Palavra que significa “cartão”. O sistema *kanban* coordena o fluxo de materiais e de informação ao longo do

processo de fabrico de acordo com o sistema *pull*.

KPI (Key Performace Indicator) - Métricas de índole estratégica, normalmente associadas ao *Balanced ScoreCard*.

L

Layout - Arranjo físico dos recursos num determinado espaço de trabalho, desde equipamentos, a materiais e operadores.

Lead time - Tempo necessário para realizar uma dada tarefa, produto ou serviço.

Lean - Termo de origem inglesa que significa magro, sem gordura. Algo que contém apenas o necessário.

Lean Manufacturing - Filosofia que orienta uma organização ao combate do desperdício e à busca constante da melhoria contínua.

Lean Thinking - Gestão através da qual as organizações desenvolvem competências no sentido da gradual eliminação do desperdício. Trata-se de uma atualização dos conceitos JIT e TPS.

Logística - É a atividade de obter, produzir e distribuir materiais e produtos num local específico e em quantidades específicas (no momento, qualidade e quantidade).

M

Mizumashi - Significa aranha de água. Refere-se a um operador de abastecimento (interno) que fornece matérias aos diversos pontos de trabalho. Tal como *Milk Run*, os operadores seguem rotas normalizadas e transportam pequenas quantidades e horários bem definidos.

MTO (Make-To-Order) - Processo produtivo ativado pela colocação de uma ordem por parte do cliente. Implica a não posse de *stock* de produto acabado.

MTS (Make-To-Stock) - Atividade de produção de produtos *standard* destinados

a armazenamento. Esses produtos podem depois ser rapidamente entregues ao cliente.

Muda (Desperdício) - Toda a atividade que não é reconhecida pelo cliente como valor e que resulta no aumento do custo e do tempo.

O

One-Piece Flow (Fluxo de Uma Peça) - Sistemas produtivos caracterizados pela produção de um único artigo de cada vez (*lot size=1*), em cada posto de trabalho.

P

Poka-Yoke - Expressão que significa à “prova de erro” (*error proffing*).

Produção unitária (Job Shop) - Produção tradicional ou artesanal e que se baseia no fabrico de peças únicas e em processos únicos.

Produtividade - Relação entre os *outputs* e os *inputs* de um sistema. Mede a capacidade do sistema em converter entradas (*inputs*) em saídas (*outputs*) minimizando o desperdício.

R

Rota de Fabrico - Percurso de um produto ou serviço desde as fases iniciais até à sua conclusão. As rotas definem ainda os parâmetros de fabrico/serviço, os recursos envolvidos, os tempos e os percursos alternativos.

S

Setup (Changeover) - Refere-se às atividades de mudança, ajuste e preparação do equipamento para o fabrico de um novo lote ou um novo produto. Também inclui as atividades realizadas durante o processamento.

Sistema Pull - Sistema de produção orientado ao cliente, ou seja, as atividades de produção são realizadas de acordo com a procura real.

Sistema *Push* - É o sistema clássico de gestão da produção que se caracteriza pelo empurrar dos produtos da organização para o cliente. Baseado normalmente em previsões de procura.

SMED (*Single Minute Exchange of Dies*) - Método que leva à rápida mudança de ferramenta (*setup*), através da classificação e separação de atividades.

Stock de Segurança - Quantidade de material ou produto que a organização emprega para prevenir qualquer eventualidade que possa causar uma rutura de *stock*.

Supermarket (Supermercado) - Técnica de gestão de *stock* utilizada no âmbito do *Lean Manufacturing* para o controlo de fluxo de matérias no *gemba*. É um modo de disciplinar a oferta e de garantir uma satisfação da mesma.

I

Takt Time - Palavra que significa batuta (instrumento utilizado pelo maestro na condução de uma orquestra). É um tempo de ciclo definido de acordo com a procura. Se a procura aumenta, o *takt time* terá de diminuir, e vice-versa.

Tempo de Espera (*Waiting Time*) - Refere-se a todos os tempos improdutivos, que não acrescentam valor a produtos ou serviços.

Throughput - A taxa a que o sistema como um todo está a gerar outputs. Também conhecido como taxa de produção.

Toyota Production System (TPS) - É considerado o ícone das organizações *Lean*, e visto como um bom exemplo a seguir. Foi através do sistema de produção da Toyota que surgiu a filosofia *Lean*.

V

Valor - Aquilo que é entregue (sob a forma de produto ou serviço) ao cliente e que este considera como importante. Refere-se ao nível de satisfação que o cliente experimentou resultado da entrega que lhe foi feita.

Valor Acrescentado - É a diferença entre o custo dos *inputs* e o valor ou o preço dos *outputs*.

VSM (*Value Stream Mapping*) - Mapeamento da cadeia de valor. Trata-se de um método sistemático de identificação de todas as atividades (*dock-to-dock*) necessárias para produzir um produto ou serviço. O “mapa” inclui o fluxo de materiais e de informação.

W

WIP (*Work in Process*) - Material de inventário que está a ser corretamente utilizado/trabalhado no *shop-floor*. Isto inclui materiais associado a ordens em espera, ordens paradas devido à necessidade de *setup* nos equipamentos e materiais e a serem processados.

Referências

- [1] Smalley, A. *“Learning From Toyota: Some Key Points From History and Implementation”*, Art of Lean, (s.d.).
- [2] Larman, C., & Vodde, B. *“Lean Primer”*, versão 1.5, 2009.
- [3] Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. *“The Machine That Changed the World”*, New York: Rawson Associates, 1990.
- [4] Liker, J. K. *“The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer”*, McGraw-Hill Professional, 2004.
- [5] Spear, S., & Bowen, H. K. *“Decoding the DNA of the Toyota Production System”*, Harvard Business Review, pp. 95-106, Setembro de 1999.
- [6] Imai, M. *“Gemba Kaizen: A Commonsense Low-Cost Approach to Management”*, McGraw-Hill Professional, 1997.
- [7] Pinto, J. P. *“Melhoria Contínua - Compromisso a longo-prazo com a mudança”*, Comunidade Lean Thinking, Junho 2009.
- [8] Moen, R. & Norman, C. *“Evolution of the PDCA Cycle”*, (s.d.).
- [9] Womack, James P. & Jones, Daniel T. *“Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation”*, Free Press, Primeira edição, 2003.
- [10] Pinto, J. P. *“Just in Time - Análise do Sistema Pull”*, (Vol. VII), 2009.
- [11] Pinto, J. P. *“Toyota Production System - A Filosofia de um Vencedor”*, Comunidade Lean Thinking, (s.d.).
- [12] Rother, M., & Shook, J. *“Learning to see: value stream mapping to create value and eliminate muda”*. Lean Enterprise Institute, 2003.
- [13] Pinto, J. P. *“Lean Thinking - Introdução ao Pensamento Magro”*. Comunidade Lean Thinking, Julho de 2008.
- [14] Ohno, T. *“Toyota production system: beyond large-scale production”*, Productivity Press, 1988.
- [15] Correr, I. *“Kanban”*, disponível em http://www.fiel.edu.br/painel/uploads/10_09_2010__23_34_40_aula_5_-_kanban.pdf, consultado a 22/02/2012.
- [16] Shingo, S. *“A revolution in manufacturing: the SMED system”*, Stamford, Conn.: Productivity Press, 1985.
- [17] Lopes, R., Neto, C., & Pinto, J. P. *“Quick Changeover - Aplicação prática do método SMED”*, Kerâmica, pp. 31-36, 2010.

- [18] Galsworth, G. D. *“Visual Systems: Harnessing the Power of a Visual Workplace”*, Amacom, 2006.
- [19] 4Lean, *“Ferramentas Lean”*, disponível em http://www.4lean.net/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=188&lang=pt, consultado a 25/02/2012.
- [20] Kosaka, G. *“Jidoka”*, Agosto de 2006.
- [21] Marton, M., & Paulová, I. *“One Piece Flow - Another View on Production Flow in the Next Continuous Process Improvement”*, Slovak University of Technology Bratislava, pp. 30-35, (s.d.).
- [22] Sugai, M. McIntosh, R. I. and Novaski, O. *“Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso”*, Gestão de Produção, 2007.
- [23] Suzuki, T. *“TPM in Process Industries”*, Productivity Press, 1994.
- [24] F. Bohnen, F., Buhl, M., & J., D. *“Systematic Procedure for Leveling of Low Volume and High Mix Production”*, Chair of Industrial Engineering, pp. 1-6, (s.d.).
- [25] McDermott, R., & Beauregard, M. *“The Basics of FMEA. New York: Productivity Press”*, 2009.
- [26] Shingo, S. *“Non-Stock Production: The Shingo System for Continuous Improve”*. Toyko: Productivity Press, 1988.
- [27] *“Toyota -Eficiência Como Marca”*, HSM Management, 1-6, Setembro-Outubro de 2008.
- [28] Shingo, S. *“A Study Of The Toyota Production System”*. New York: Productivity Press, 1999.
- [29] SHINGO, S. *“A Revolution in Manufacturing: The SMED System”*. Productivity Press. Cambridge, MA, 1985.
- [30] *“Definição de Kaizen”*, disponível em <http://pt.kaizen.com/formacao/filmes-kaizen.html>, consultado a 25/02/2012.
- [31] Satto, D., & Godman, A. *“Desenvolvimento do Software Lean”*, 2007.
- [32] Faria, J., Azevedo, A. *“Garantia da Qualidade”*, Apontamentos de Sistemas de Qualidade e Fiabilidade, 2011.
- [33] Imai, M. *“Gemba Kaizen: Estratégias e técnicas do Kaizen no piso de fábrica”*. Imam. São Paulo, 1996.
- [34] Juran, J. M., Gryna, F. *“Juran’s quality control handbook”*, 4ª edição, New York: McGraw-Hill, 1988.
- [35] *“Business Process Management - Insights and Practices for Sustained Transformation”*, LGPro 2010 - Corporate Planners Network Conference, Novembro de 2010.
- [36] Faria, J., Azevedo, A. *“Gestão da Qualidade”*, Apontamentos de Sistemas de Qualidade e Fiabilidade, 2011.
- [37] Womack, J. JONES, D. *“Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation”*, 1998.

- [38] <http://www.preh.com>, consultado a 14 de Maio de 2012.
- [39] http://pt.wikipedia.org/wiki/Balanced_scorecard, consultado a 14 de Maio de 2012.
- [40] Pinto, J. "*Implementação do Projecto Kaizen na Amorim & Irmãos, S.A.*", Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.
- [41] Ishikawa, K. "*What is Total Quality Control? The Japanese Way.*", pp. 56-61, 1985.
- [42] Peças, P. "*Melhoria Contínua: SMED - Single Minute Exchange Die*" Instituto Superior Técnico, 2005.