



UNIVERSIDADE DO MINHO
Escola de Engenharia

Juliana Solheiro Durães

**Dimensionamento e Aplicação de um
Sistema de Kanbans numa empresa de
Auto Rádio**

Dissertação de Mestrado

Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao

Grau de Mestre em Engenharia e Gestão
Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

**Professor Doutor José Francisco Pereira
Moreira**

Julho de 2012

DECLARAÇÃO

Nome: Juliana Solheiro Durães

Endereço eletrónico: a50238@alunos.uminho.pt

Telefone: 914767398

Número do Bilhete de Identidade: 13393282

Título dissertação /tese: Dimensionamento e Aplicação de um Sistema Kanban numa empresa de Auto Rádio

Orientador(es): Professor Doutor José Francisco Pereira Moreira

Ano de conclusão: 2012

Designação do Mestrado ou do Ramo de Conhecimento do Doutoramento: Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE/TRABALHO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura: _____

Agradecimentos

Uma dissertação de mestrado é um projeto que exige grande dedicação e perseverança, uma vez que engloba fases difíceis que, sem o apoio e incentivo das pessoas não poderiam ser ultrapassadas. Por vezes, o simples facto de comunicar, trocar ideias e dialogar com outras pessoas contribui para a elaboração de um trabalho mais completo. Deste modo, agradeço a todas as pessoas que tornaram possível a realização deste trabalho através da sua disponibilidade, colaboração empenho e amizade. Porém, tenho de agradecer de uma forma especial:

Ao meu orientador científico, Professor Doutor José Francisco Pereira Moreira, cujo contributo se reflete ao longo da dissertação através dos seus ensinamentos e sua supervisão.

Ao meu orientador na empresa, Bruno Costa, pelo apoio e disponibilidade demonstrados e pelos ensinamentos ao longo do trabalho.

A todos os colegas de trabalho, do modo como me receberam e pelo excelente ambiente que me proporcionaram.

Aos meus amigos, pelo apoio constantes e pela compreensão mostrada nestes últimos tempos

Por fim e não menos importante, à minha família, em particular aos meus pais e ao meu irmão, pela paciência, compreensão, apoio e incentivo que sempre me transmitiram ao longo da realização.

A Todos, o meu muito Obrigado!

Resumo

A presente dissertação de mestrado foi realizada na empresa de componentes eletrónicos *Bosch Car Multimedia S.A*, no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

O projeto teve como principal objetivo o dimensionamento e aplicação de um sistema de *Kanbans* para a família de produtos “Sensores”, abrangendo a linha SMD27, responsável pela inserção automática de componentes, e as linhas 2F15 e 2F25, responsáveis pela montagem final. O projeto pretendeu contribuir para a implementação de princípios *Lean Manufacturing*, nomeadamente implementação de um sistema *Pull* entre a inserção e a montagem final das placas de “Sensores” de modo a obter um fluxo contínuo de abastecimento de PCB’s e criar sincronismo entre os dois processos.

Foi aplicada a ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM), o que permitiu identificar as atividades que acrescentam valor bem como um melhor entendimento dos processos e do fluxo de materiais no sistema de produção. A análise do VSM possibilitou, entre outros, a identificação de problemas na normalização das rotas dos *milkruns* e a necessidade de implementação de um sistema *Pull*.

Como suporte ao dimensionamento do sistema de *Kanbans* foi realizada uma análise à família de produtos “Sensores” tendo-se identificado os produtos correntes e os exóticos; determinado a capacidade disponível na linha SMD27; estimado o número de *Kanbans* no circuito; e determinados os valores máximos e mínimos em supermercado. Após o dimensionamento descreveu-se como o sistema de *Kanbans* funcionaria de uma forma geral, em formato eletrónico.

A análise ao trabalho desenvolvido aponta para melhorias ao nível da diminuição do limite superior das existências em supermercado a par da diminuição do risco associada à rutura de *stock* em supermercado. Com a eventual implementação do sistema de *Kanbans* estimam-se ainda melhorias marginais ao nível da ocupação do supermercado; maior facilidade no planeamento da produção de PCB’s e melhorias na gestão das existências em supermercado.

Palavras-chave: Sistema Pull, *Lean Manufacturing*, Sistema *Kanban*.

Abstract

This M.Sc. dissertation was conducted in the Bosch Car Multimedia S.A. electronic components company, as part of the Master degree in Industrial Engineering and Management, School of Engineering of the University of Minho.

The project had the main objective of designing and applying a Kanban system for the "Sensors" product family, covering the SMD27 production line, which is responsible for the automatic insertion of components, and the 2F15 and 2F25 production lines, which are responsible for the final assembly. The project aimed to contribute to the implementation of Lean Manufacturing principles, namely the implementation of a Pull System between the automatic insertion and the final assembly of the "sensors" PCBs so as to obtain a continuous supply of PCBs and create synchronization between the two processes.

The Value Stream Mapping (VSM) tool was applied, allowing the identification of activities that add value, along with a better understanding of the processes and material flows within the production system. The VSM analysis led, among others things, to the identification of problems in the normalization of the milkrun routes, and identification of the need to implement a pull system.

In order to support the design of the Kanban system, an analysis of the "Sensors" product family was conducted. This has resulted in the identification of the current and exotic products; the available capacity of the SMD27 production line; an estimation of the number of Kanbans in the circuit; and the computation of the maximum and minimum quantities in the supermarket. After the design, the Kanban system was generally described, as well as the electronic version of it.

The analysis of the work developed points out to improvements in reduction to the upper limit of the supermarket inventory along with a decreased risk associated with supermarket inventory breakdowns. With the eventual implementation of the Kanban system it is estimated a marginal improvement to the supermarket occupation, along with an easier PCBs production planning process and simpler management of the supermarket inventories.

Keywords: Pull System, Lean Manufacturing, Kanban System

Índice

DECLARAÇÃO	ii
Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Índice	ix
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas	xv
Lista de Siglas e Acrónimos	xvii
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos da Dissertação	3
1.3 Metodologia de Investigação	3
1.4 Estrutura do trabalho.....	5
2 Revisão Bibliográfica.....	6
2.1 Toyota Production System.....	6
2.2 Os Princípios Básicos do <i>Lean Manufacturing</i>	7
2.2.1 Especificação do valor	7
2.2.2 Identificação da Cadeia de Valor	7
2.2.3 Fluxo	8
2.2.4 <i>Pull</i>	8
2.2.5 Procura pela Perfeição	8
2.3 Os Pilares do TPS	9
2.4 <i>Just-In-Time</i>	10
2.4.1 <i>Takt Time</i>	11
2.4.2 Fluxo Contínuo	12
2.4.3 Sistema <i>Pull</i>	13

2.5	Os Sete Tipos de Desperdícios	15
2.5.1	Produção em excesso	16
2.5.2	Espera.....	16
2.5.3	Transporte	16
2.5.4	Processamento em Excesso.....	17
2.5.5	Inventário	17
2.5.6	Movimentações	17
2.5.7	Defeitos	18
2.5.8	Não utilização da criatividade dos colaboradores.....	18
3	Apresentação da Empresa	19
3.1	O Grupo <i>Bosch</i>	19
3.1.1	História.....	19
3.1.2	Estratégia do Grupo	20
3.1.2.1	Missão	20
3.1.2.2	Visão	20
3.1.2.3	Valores	21
3.1.3	Áreas de Negócio	22
3.1.4	O Grupo Bosch em Portugal	22
3.2	<i>Bosch Car Multimedia</i> Portugal S.A.	23
3.2.1	Estrutura organizacional da empresa	24
3.2.2	Produtos	25
3.2.3	Principais Clientes.....	26
3.2.4	Instalações	26
4	Sistema Produtivo da <i>Bosch</i>	29
4.1	<i>Bosch Production System</i>	29
4.1.1	Princípios do BPS	29
4.1.2	Ferramentas	32

4.1.2.1	<i>Value Stream Mapping</i>	32
4.1.2.2	Métricas.....	33
4.1.2.3	Supermercado.....	36
4.1.2.4	<i>Continuous Improvement Process (CIP)</i>	36
4.1.2.5	<i>Milkrun</i>	37
4.1.2.6	Quick Changeover (QCO)	38
4.1.2.7	Gestão Visual	39
4.1.2.8	Nivelamento	39
4.1.2.9	Sistema <i>Kanban</i>	40
4.1.2.10	Sistema <i>e-kanban</i>	41
4.2	Descrição do Sistema Produtivo	44
5	Dimensionamento do Sistema de <i>Kanbans</i>	50
5.1	Análise do espectro de produtos	50
5.2	Determinação do tamanho do lote	52
5.2.1	Determinação da Capacidade Disponível da linha SMD27.....	52
5.2.2	Determinação dos Produtos a serem produzidos na SMD27.....	54
5.3	Período de Planeamento.....	56
5.4	Número de <i>Kanbans</i> no Circuito	57
5.5	Determinação dos máximos e mínimos no supermercado.....	64
5.5.1	Rampas Necessárias em Supermercado	66
5.5.2	Regras do supermercado	66
5.6	Funcionamento do Sistema <i>e-Kanban</i>	67
5.6.1	O <i>e-kanban</i>	68
5.6.2	Quadro de nivelamento	69
5.6.3	Régua horária	71
6	Análise da proposta	73
7	Conclusão e Sugestões de trabalho futuro.....	76

7.1	Conclusão.....	76
7.2	Trabalho futuro	78
8	Bibliografia.....	79
	Anexos	82
	Anexo 1 – Departamentos da Área Comercial	83
	Anexo 2 – Departamentos da Área Técnica	84
	Anexo 3 – Símbolos do Value Stream Mapping	85
	Anexo 4 – Value Stream Mapping	86
	Anexo 5 – Value Stream Design	87
	Anexo 6 – Compilação dos valores do OEE	88
	Anexo 7 – Tabela de tempos de <i>Changeover</i>	91
	Anexo 8 – Gráfico de Capacidade da Linha SMD27 no mês de Outubro.....	92
	Anexo 9 – Cálculo do número de Kanbans	93
	Anexo 10 – Existências em supermercado dos produtos A.....	102
	Anexo 11 – Exceções ao Sistema	103

Índice de Figuras

Figura 1 – Processo de Revisão da Literatura (Saunders et al, 2007)	4
Figura 2 – A arquitetura do TPS.....	9
Figura 3 – Exemplo de uma Célula de Produção	13
Figura 4 – Fluxo de material e de informação numa Organização (adaptado de Courtois, Bonnefois e Pillet, 1997).....	14
Figura 5 – Sequência de processos que envolvem a utilização de Kanbans de Transporte e de Kanban de Produção (adaptado de Bosch, 2010f).....	15
Figura 6 – Logótipo da <i>Bosch</i>	19
Figura 7 – Grupo Bosch em Portugal	23
Figura 8 – Fábrica da Bosch em Braga.....	24
Figura 9 – Áreas da Bosch Car Multimedia (Bosch, 2010b).....	25
Figura 10 – Exemplo de Produtos da Bosch (Bosch, 2010b).....	26
Figura 11 – Principais clientes da Bosch.....	26
Figura 12 – Instalações da <i>Bosch Car Multimedia</i> em Braga (Bosch, 2010b).....	27
Figura 13 – Passagem do Estado Atual para o Estado Futuro (Bosch, 2010a)	33
Figura 14 – Estrutura da Eficiência Operacional OEE.....	35
Figura 15 – Elementos do Point CIP	37
Figura 16 – Carrinho do <i>Milkrun</i> Externo	38
Figura 17 – Etapas do Método SMED	39
Figura 18 – Plano de Produção separado (Bosch 2010m).....	40
Figura 19 – Exemplo do funcionamento do <i>e-Kanban</i> entre a <i>Robert Bosch</i> e seus fornecedores (Bosch,2011a)	42
Figura 20 – Esquema do Quadro de Formação de Lote virtual vazio	43
Figura 21 – Esquema da régua horária ou sequenciador de produção	44
Figura 22 – Esquema dos problemas entre a linha SMD27 e as células 2F15 e 2F25	44
Figura 23 – Sucessão de passos no Processo de <i>Reflow</i>	45

Figura 24 – Sucessão de passos na Face B	46
Figura 25 – Processo de Montagem Final	47
Figura 26 – Gráfico da Análise de Pareto realizada a uma dada família de produtos (Bosch, 2011a).....	50
Figura 27 – Esquema do cálculo da capacidade requerida (Bosch, 2011a)	52
Figura 28 – Gráfico da frequência de intervalos do OEE.....	54
Figura 29 – Esquema do EPEI (Bosch, 2011a)	56
Figura 30 – Período de planeamento e período de nivelamento (Bosch, 2011a)	56
Figura 31 – Fórmula <i>Kanban</i> da <i>Bosch</i> (Bosch, 2011b)	58
Figura 32 – Esquema dos parâmetros necessários no cálculo de RE (Bosch, 2011b)	59
Figura 33 – Esquema de cores dos <i>Kanbans</i>	69
Figura 34 – Esquema do Quadro de Nivelamento virtual vazio	69
Figura 35 – Esquema de Quadro de Nivelamento com <i>e-Kanbans</i> amarelos	70
Figura 36 – Esquema do Quadro de Nivelamento com <i>e-Kanbans</i> verdes.....	71
Figura 37 – Esquema da régua horária	71
Figura 38 – Régua horária com os <i>e-kanbans</i> de produção.....	72
Figura 39 – Símbolos de fluxo de materiais	85
Figura 40 – Símbolos gerais	85
Figura 41 – Símbolos de fluxo de informação	85

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Problemas e Melhorias	48
Tabela 2 – Classificação dos Produtos	51
Tabela 3 – Quantidades diárias do mês de Outubro	55
Tabela 4 – Quantidades Standard nos <i>containers</i> das referências A's	60
Tabela 5 – Percentagem de Sucata dos produtos A's.....	62
Tabela 6 – Desvio hipotético do cliente	63
Tabela 7 – Valores do Máximo e Mínimo do supermercado, em <i>containers</i>	65
Tabela 8 – Valores do Máximo e Mínimo do supermercado, em PCB's.....	65
Tabela 9 – Número de Rampas necessárias no Armazenamento dos <i>Kanbans</i>	66
Tabela 10 – Valores máximos e mínimos das existências no mês de Outubro.....	73
Tabela 11 – Rampas ocupadas no mês de Outubro	74

Lista de Siglas e Acrónimos

AOI	Automatic Optical Inspection
BPS	Bosch Production System
CIP	Continuous Improvement Process
EPEI	Every Part Every Day
GM	General Motors
IA	Inserção Automática
ICT	In Circuit Test
JIS	Just in Sequence
JIT	Just In Time
LOG	Logística
MF	Montagem Final
MOE	Manufacturing Operations Engineering
NPK	Number per Kanban
OEE	Overall Equipment Effectiveness
PCB	Printed Circuit Board
PDI	Pre Delivery Inspection
POT	Planned Operation Time
NET	Net production time
QCO	Quick Change Over
SMD	Surface Mounted Device
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System
VSD	Value Stream Design
VSM	Value Stream Mapping
WIP	Work In Process

1 Introdução

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito da unidade curricular Projeto, que integra o 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho

Esta dissertação foi desenvolvida em ambiente industrial, concretamente, na *Bosch Car Multimedia S.A.*, cuja principal atividade consiste na produção de auto rádios e sistemas de navegação para várias marcas de automóveis.

No desenvolvimento deste trabalho foram realizadas algumas atividades de pesquisa bibliográfica nomeadamente *Lean Manufacturing* e o sistema de Kanbans. Posteriormente procurou-se caracterizar o sistema produtivo da empresa. Já com os conceitos bem definidos e com a visão do processo, propôs-se um sistema de *Kanbans* com vista a melhorar a forma de Planeamento e Controlo da Produção (PCP) de determinados produtos.

Neste capítulo realiza-se um enquadramento sumário do projeto destacando-se os objetivos, a metodologia utilizada e a estrutura do presente trabalho.

1.1 Enquadramento

A realidade atual caracteriza-se por um mercado competitivo, dinâmico e global. Os consumidores têm acesso a produtos provenientes das mais remotas partes do mundo, o que lhes possibilita a escolha de bens que melhor se adequam aos seus requisitos individuais e que melhor respondem às suas necessidades. A livre escolha por parte dos consumidores reflete-se diretamente no sucesso ou insucesso das empresas, uma vez que condiciona, de forma primária, as respetivas vendas dos produtos e, conseqüentemente, a geração de riqueza para as empresas. A evolução permanente das necessidades dos consumidores fornece uma oportunidade incessante de fornecimento de produtos mais adequados a essa mesma procura (Courtois, Martin-Bonefois e Pillet, 1997), o que dinamiza de forma invariável a competição entre empresas.

A competitividade das empresas é um fator fundamental para garantir a permanência destas no mercado. De acordo com Courtois, Martin-Bonefois e Pillet (1997), a competitividade envolve a redução e controlo de custos e a excelência dos processos produtivos, que permitem melhorar o desempenho das diversas atividades industriais que acrescentam valor aos produtos. Assim, as organizações têm a urgência

de: a) adaptação dos seus produtos de modo a colocar no mercado produtos mais rápido que a concorrência; b) melhoria das operações, de modo a produzirem produtos de forma mais eficiente, a custo competitivo e à menor taxa possível de inconformidades. Na satisfação do mercado atual, é crucial que os sistemas de produção sejam flexíveis no sentido de adaptação à diversidade de produtos e permitam uma produção rápida, com qualidade e vantagem competitiva para as organizações.

Os convencionais sistemas de planeamento e controlo da produção (PCP) não permitem a adaptação requerida pelo mercado atual, uma vez que a coordenação das diversas atividades de planeamento e controlo por vezes não ocorre da melhor forma (Tomino et al., 2008). Para além disso, os sistemas de PCP são baseados em estimativas e previsões de vendas ao longo de horizontes de planeamento consideráveis, traduzindo-se numa estratégia de produção empurrada (*Push*). Esta estratégia por vezes propicia a produção em excesso, que não ocorre apenas devido às previsões das vendas como também pelo amortecimento do impacto das contrariedades que ocorrem nos vários processos (Sugimori et al., 1977). De modo a responder à crescente mudança dos mercados Sugimori et al. (1977) e Slomp, Bokhorst e Germs (2009) sugerem o nivelamento da produção, em *mix* de produto e em volume. Neste sentido surge a necessidade de aplicação de um novo sistema de produção, o *Toyota Production System* (TPS). Este sistema permite manter os lotes de produção pequenos e a produção das reais necessidades do cliente (Monden, 1997).

A forma mais comum para a aplicação do sistema TPS é a aplicação da filosofia *Just-In-Time* (JIT), onde é possível a redução substancial do tempo que decorre entre a entrada da matéria-prima e a saída do produto final, assegurando elevadas taxas de utilização dos equipamentos e dos colaboradores. O JIT tem por base a produção de bens na quantidade exata e no momento exato em que são necessários, garantindo o funcionamento dos diversos processos através de um mínimo de inventário. Para a aplicação da filosofia é necessário o recurso ao sistema *Pull*. Este sistema não permite a produção de bens ou serviços, sem que os clientes peçam (Womack, Jones e Roos, 1990). Por sua vez o sistema *Pull* envolve dois aspetos, a produção *Pull* e o controlo de material. Este último consiste no controlo sistemático das quantidades removidas de um dado produto. Este controlo envolve uma ferramenta do Sistema *Pull*, o sistema *Kanban*.

Deste modo, o sistema de *Kanbans* é um sistema de informação que controla a produção das quantidades necessárias nos processos produtivos envolvidos.

A *Bosch Car Multimedia S.A.*, sendo uma empresa que se encontra na vanguarda da tecnologia, apresenta alguns problemas no que se refere ao seu sistema produtivo. Destes, destacam-se a não existência de um sistema de produção puxado (*Pull*), em algumas secções da organização, concretamente na secção onde o trabalho foi desenvolvido. A não existência de sistema *Pull*, na secção em causa conduz a grandes quantidades de inventário; à não normalização das rotas dos *milkruns*, que se manifesta em entregas não atempadas à montagem final e a falta de conceitos de supermercado. Estes problemas derivam da existência de grandes quantidades de inventário e pelo não conhecimento do local onde os produtos estão armazenados.

1.2 Objetivos da Dissertação

O principal objetivo desta dissertação consiste no dimensionamento e aplicação de um sistema de *Kanbans*, com o intuito de controlar o inventário de determinado produto e nivelar a produção. De forma a detalhar este objetivo tem-se:

- Dimensionar e propor um sistema de *Kanbans* entre a linha de inserção automática de componentes SMD27 e as células 2F15 e 2F25;
- Analisar e discutir resultados espectáveis.

1.3 Metodologia de Investigação

A presente dissertação é um trabalho de investigação, e como tal deve ter em atenção alguns aspetos, nomeadamente o tipo de estratégia adotada, os métodos de recolha de dados e as principais etapas do próprio processo de investigação.

Numa primeira fase de investigação a escolha do tema é crucial, sendo neste trabalho proposto pela empresa, na qual o estágio foi realizado. (Rodrigues, 2007).

A estratégia de investigação adotada foi a investigação ação, que se caracteriza por: (a) investigação ativa, (b) envolvimento dos trabalhadores, (c) existência de interatividade no processo de diagnóstico, (d) possuir implicações para além do projeto (Araújo, 2009). A Figura 1 esquematiza o processo de revisão da bibliografia.

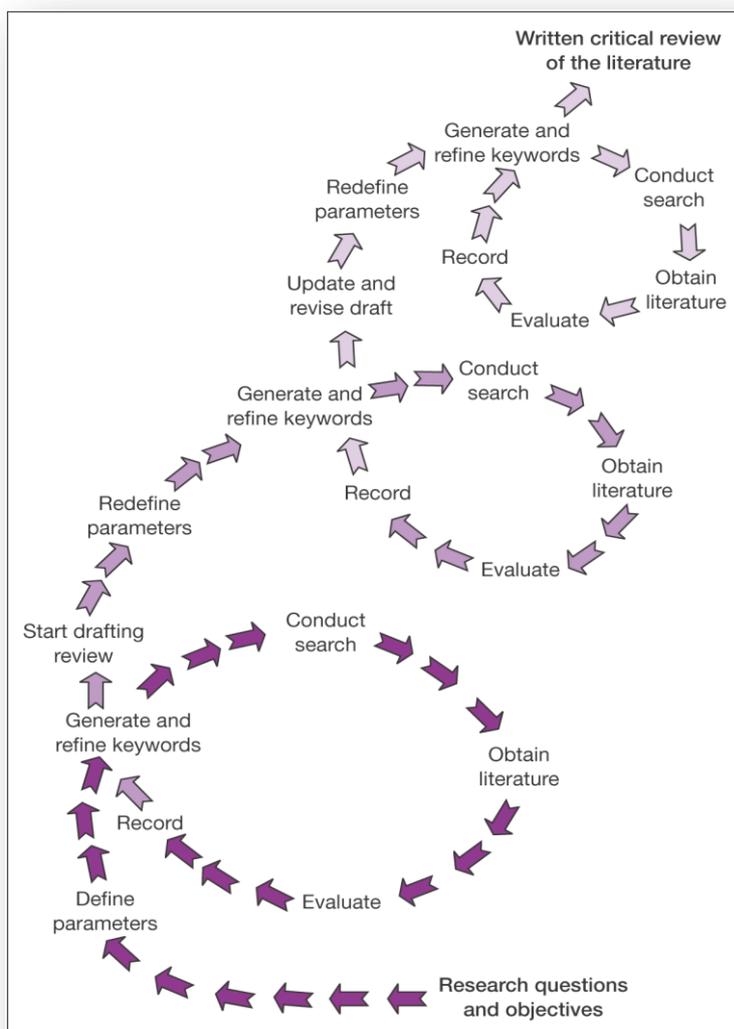


Figura 1 – Processo de Revisão da Literatura (Saunders et al, 2007)

A pesquisa bibliográfica engloba três tipos de fontes bibliográficas: as primárias, as secundárias e as terciárias. As primárias correspondem à análise de teses, relatórios e documentos governamentais. As fontes secundárias dizem respeito à consulta de livros e de revistas científicas acerca de sistema de kanbans. Por último, as fontes terciárias englobam as ferramentas de pesquisa, utilizadas no auxílio da localização da literatura primária. As ferramentas usadas foram a “Biblioteca de Conhecimento Online”, a revista científica “SciencesDirect” e o “Google Académico” (Araújo, 2009). Um outro passo importante na revisão da literatura é a geração de palavras-chave, que neste trabalho são: Sistema *Kanban*, TPS, *Just In Time*, Sistema *Pull*.

1.4 Estrutura do trabalho

A presente dissertação encontra-se dividida em sete capítulos, englobados em duas fases. Numa primeira fase encontram-se os dois primeiros capítulos, a introdução e a revisão bibliográfica. Na introdução apresenta-se o enquadramento e os objetivos da dissertação, bem como a metodologia de investigação empregue neste trabalho e a estrutura do mesmo. Na revisão bibliográfica apresenta-se a revisão teórica do assunto estudado, de modo a obter conceitos necessários para a realização do projeto.

No capítulo 3 é apresentado o grupo e a empresa onde decorreu o estágio curricular, bem como a sua estrutura organizacional.

No quarto capítulo descreve-se de uma forma geral o sistema produtivo da *Bosch*, bem como a filosofia de produção, o *Bosch Production System* (BPS), adotada pela empresa. Ainda neste capítulo são explicados quais os problemas existentes no sistema atual.

No capítulo 5 procede-se ao dimensionamento do sistema de *Kanbans* e os passos necessários para posterior implementação do sistema de *Kanbans*.

No capítulo 6 procede-se a uma análise crítica das propostas efetuadas e discussão de resultados.

Por fim, no capítulo 7 são apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido e são sugeridas propostas de trabalho futuro.

2 Revisão Bibliográfica

Neste capítulo encontram-se descritos: a história do sistema Toyota, a casa do TPS, os princípios básicos, os sete tipos de desperdício, o *Just-In-Time*, o sistema *Pull* e o sistema *Kanban*.

2.1 Toyota Production System

Kiichiro Toyoda, um rapaz frágil e adoentado, construiu a própria oficina de automóveis, a *Toyota Motor Corporation*, iniciando-se na construção de camiões simples, com tecnologia rudimentar e de baixa qualidade. Não obtendo os resultados desejados, *Toyoda* organizou uma visita à *Ford* e à *GM*, nos anos 30, com o intuito de estudar as suas linhas de montagem.

No final da 2ª Guerra Mundial, o Japão encontrava-se dizimado, sem capacidade de se auto sustentar, os trabalhadores exigiam melhores condições de trabalho e o país estava impossibilitado de exportar. Perante esta situação o governo japonês estabeleceu a proibição de investimento estrangeiro na indústria automóvel e a imposição de barreiras, o que encorajou várias empresas japonesas a entrarem no ramo da indústria automóvel. Originando desta forma o conseqüente aumento da competição no mercado japonês (Womack, Jones and Roos, 1990).

Com o intuito de se estabelecer de forma firme no mercado e verificar quais os progressos ocorridos desde os anos 30, a *Toyota* decidiu preparar uma visita às indústrias dos Estados Unidos. Assim, envia um dos seus melhores engenheiros, *Eiji Toyoda*, e a sua equipa. Apesar de surpresa, pela estagnação do processo produtivo, a equipa de *Toyoda* estudou afincadamente todos os pormenores, apontando quais os pontos fortes e fracos do sistema produtivo das organizações ocidentais.

De volta ao Japão, *Toyoda* incumbiu *Taiichi Ohno*, o génio da produção da *Toyota Motor Corporation*, de igualar a *Toyota* à *Ford* em termos de produtividade. Logo, concluíram que o Japão não suportaria os grandes volumes de produção que ocorriam nas fábricas dos Estados Unidos, uma vez que o mercado se apresentava reduzido e segmentado.

De forma a cumprir a missão que *Toyoda* lhe tinha incumbido, *Ohno* entendeu que deveria adaptar o sistema de produção em massa à *Toyota*. Neste sentido, realizou

ainda mais visitas aos Estados Unidos, de modo, a obter ideias que poderia colocar em prática na fábrica.

A adaptação do sistema de produção em massa e o emprego de novas técnicas, desenvolvidas por *Ohno* e sua equipa, foram amplamente difundidas por várias empresas, devido ao sucesso conquistado pela *Toyota*.

Desta forma, a *Toyota* tinha não só desenvolvido um novo sistema de produção para uma dada empresa com determinada cultura, como também um novo paradigma na produção de bens e prestação de serviços, o *Toyota Production System* (TPS).

2.2 Os Princípios Básicos do *Lean Manufacturing*

Womack e Jones (2003) definem o *Lean Thinking* como um “antídoto” para o desperdício, uma vez que visa a eliminação dele através de cinco princípios básicos, sendo eles: a especificação do valor, a identificação da cadeia de valor, o fluxo, o sistema *Pull* e a procura pela perfeição.

2.2.1 Especificação do valor

O primeiro passo a realizar na implementação da filosofia *Lean* é a especificação do valor. O valor de um produto é entendido pelo cliente e pelo fornecedor de forma diferente. Contudo é a definição de valor do cliente que conta, uma vez que é este último que irá pagar pela sua aquisição.

Neste sentido os fornecedores devem pensar no valor do produto como se fossem o cliente. No entanto, esta não é uma tarefa fácil, uma vez que as organizações devem ignorar os seus ativos e tecnologias e repensar as linhas de produção baseadas em equipas dedicadas ao produto.

2.2.2 Identificação da Cadeia de Valor

A cadeia de valor é definida como o conjunto de todas as ações requeridas para trazer um determinado produto para o mercado englobando as três tarefas de gestão: (1) a resolução de problemas – desenvolvimento do conceito através do projeto de engenharia detalhado; (2) a gestão da informação – execução das ordens de produção através da programação detalhada; (3) e a transformação física – transformação das matérias-primas em produto finais.

A identificação de toda a cadeia de valor de cada produto é um passo importante na filosofia *Lean*, pois permite a exposição dos três tipos de ações dos desperdícios

existentes nas operações. Os três tipos de operações que podem ser encontrados são: (1) as que acrescentam realmente valor ao produto, (2) aquelas que não acrescentam qualquer valor mas que não podem ser evitadas e (3) as ações que não acrescentam valor e que devem ser, imediatamente, eliminadas.

Com a finalidade de mapear a cadeia de valor utiliza-se uma ferramenta bastante conhecida e útil, o *Value Stream Mapping* (VSM). Este para além de permitir visualizar o processo e o que acontece nele, também permite ver o fluxo nos vários processos (Rother and Shook, 1999).

Constituindo um dos princípios do TPS, o mapeamento da cadeia de valor é essencial no entendimento do sistema produtivo e na exposição dos problemas da cadeia de valor.

2.2.3 Fluxo

Uma vez especificada a cadeia de valor, e eliminadas as operações do tipo (3) procede-se à redefinição dos passos que criam valor. Isto é, as organizações devem redefinir o trabalho dos departamentos e das funções, de modo a contribuírem positivamente na criação de valor e ao mesmo tempo satisfazer as necessidades reais dos colaboradores ao longo da cadeia de valor.

2.2.4 Pull

Este princípio do TPS determina quais os processos a montante que despoletam as atividades produtivas, sendo iniciadas pela encomenda do cliente, isto é, o cliente “puxa” a produção. Uma organização que adote este princípio não produz uma única peça para a qual não tenha procura.

2.2.5 Procura pela Perfeição

Apenas a aplicação dos princípios por si só não basta para a produção de bens que correspondam às exigências do cliente, uma vez que as reduções do espaço, do tempo, do esforço e dos erros devem continuar. Neste sentido, emerge a procura pela perfeição, que é aplicada a todos os níveis com a finalidade de eliminação de desperdício.

A perfeição é aplicada aos processos através do *Kaizen*, que corresponde à melhoria contínua das operações que acrescentam valor ao produto.

Deste modo, o *Lean Manufacturing* não é apenas um antídoto contra o desperdício, mas também uma prevenção contra a estagnação.

2.3 Os Pilares do TPS

Durante décadas, o sistema de produção da Toyota foi implementado e melhorado, não tendo sido documentado, uma vez que não seria necessário aquando da sua implementação na própria Toyota. Na altura esta era uma pequena empresa, na qual existiam sistemas de comunicação eficazes, sendo fácil a transmissão da mensagem.

Após o seu sucesso, o sistema torna-se conhecido por outras organizações, as quais ambicionavam implementá-lo. Assim, *Ohno* decide documentar o sistema como um sistema estruturado com objetivos definidos, que só serão alcançados pela implementação dos elementos do sistema. Assim sendo, surge a casa do TPS representada na Figura 2.

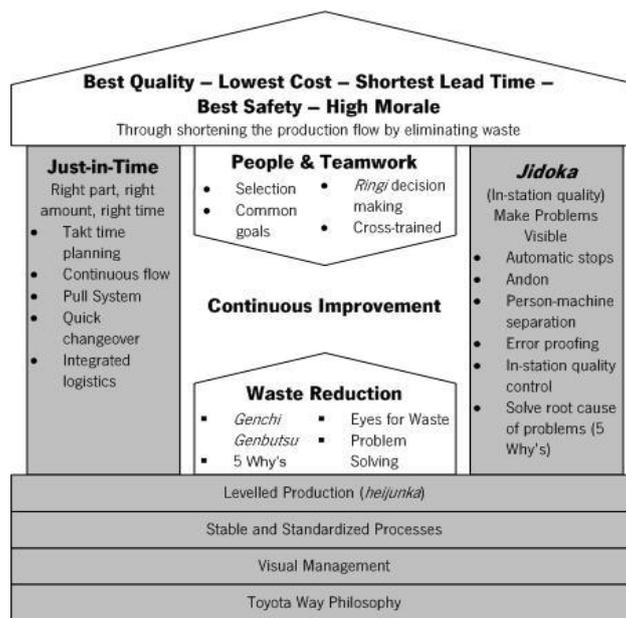


Figura 2 – A arquitetura do TPS

No telhado da *casa do TPS* encontram-se os objetivos do sistema, que passam pela melhor qualidade, pela redução dos prazos de entrega e pelos baixos custos de produção.

Por analogia a uma casa, não é possível construir o telhado sem que existam pilares e fundações que o suportem. Neste sentido, os pilares do TPS são o *Just-In-Time* e o *Jidoka*. As fundações correspondem ao nivelamento da produção, à estabilidade e padronização dos processos, à gestão visual e filosofia do modelo *Toyota*.

O *Just-In-Time* ambiciona a remoção de inventário utilizado como defesa contra os problemas decorrentes do processo produtivo. A principal filosofia deste pilar é o alcance do *one-piece-flow*, ou seja, a produção de uma peça no momento e preço adequados ao pedido do cliente. Com a redução do inventário os problemas existentes no sistema produtivo tornam-se visíveis, que podem ser reduzidos ou até mesmo eliminados por intermédio do *Jidoka*. O conceito não deixa que nenhum bem ou serviço seja transferido para o posto seguinte, caso este possua algum defeito. Estes quando aparecem no sistema produtivo são logo resolvidos impossibilitando a continuação da produção de itens defeituosos. No entanto, esta rápida resolução de problemas, aquando do seu aparecimento, causa instabilidade no sistema, uma vez que este pára o sistema de produção.

Alguns desses problemas, ou defeitos, persistem e as paragens no sistema produtivo provocadas pelo *Jidoka* tornam-se frequentes. Assim é necessária a aplicação do *Total Productive Management* (TPM). Esta ferramenta engloba a limpeza, inspeção e manutenção dos equipamentos através do envolvimento de todos os colaboradores da organização permitindo que o sistema produtivo tenha um determinado grau de estabilidade.

No meio da casa do TPS encontram-se as pessoas e o espírito de equipa que através da melhoria contínua permitem reduzir os desperdícios, através da verificação da principal causa dos problemas, ou seja, *Genchi Genbutsu*.

Na melhoria contínua, os colaboradores aprendem a ver os desperdícios e a resolver os problemas verificando qual a causa principal dos mesmos. Isto é, eles aprendem a ver o que realmente ocorre no sistema produtivo, *Genchi Genbutsu*.

Em suma, o TPS não é um conjunto de ferramentas mas sim uma filosofia estruturada que só funciona quando todas as pessoas se encontram envolvidas, na medida em que ocorra a contínua melhoria do sistema (Liker, 2004).

2.4 Just-In-Time

O *Just-In-Time* é uma filosofia desenvolvida no Japão pela Toyota, adotada, posteriormente, pelas restantes empresas da indústria automóvel do Japão bem como pelas organizações do Ocidente.

A filosofia assenta na produção e na entrega de determinados produtos, na quantidade certa, no momento certo e com um mínimo de recursos. A aplicação desta

filosofia traz vantagens para as empresas que a aplicam, uma vez que a transparência dos problemas existentes na organização permite que estes sejam tratados de forma a serem resolvidos e até mesmo eliminados (Ortiz, 2006).

Em JIT, o *Takt Time*, o Fluxo Contínuo e o Sistema *Pull*, são aspetos fundamentais, encontrando-se assim descritos em seguida.

2.4.1 *Takt Time*

Takt é uma palavra alemã que designa o compasso de uma composição musical. Este termo foi introduzido no Japão, nos anos 30 com a conotação de “ritmo de produção”.

O *Takt Time* é definido através da procura do mercado e do tempo disponível para produção, por outras palavras, é o ritmo de produção necessário para satisfazer a procura do mercado. Matematicamente, o *Takt Time* é determinado pela razão entre o tempo útil disponível para a produção e o número de unidades a produzir, como mostra a Equação 1.

Equação 1 (Rother, 2010)

$$Takt\ Time = \frac{\text{tempo disponível para a produção}}{\text{número de unidades a produzir}}$$

Usualmente, o termo tempo de ciclo é confundido com o conceito de *Takt Time*, contudo os dois conceitos são diferentes. O tempo de ciclo é o tempo despendido entre a saída de duas peças idênticas no mesmo recurso. Obviamente, nem todas as máquinas de um dado sistema produtivo possuem o mesmo tempo de operação, então a frequência de saída de uma peça corresponde ao tempo de operação da máquina mais lenta, ou seja, da máquina “gargalo” (Alvarez and Antunes Jr., 2001). Por exemplo, considerando uma procura de 400 unidades por dia, considerando 8 horas (480 minutos) de trabalho efetivo diário, resultaria num *Takt Time* de 1,2 minutos, ou seja, seria necessário produzir em média uma unidade a cada 1,2 minutos, por forma a satisfazer a procura diária. Caso o tempo de ciclo seja inferior ao *Takt Time*, gera-se desperdício, particularmente na forma de inventário, na medida em que o processo fabrica produtos que não são necessários naquele momento. No sentido inverso, caso o tempo de ciclo seja superior ao *Takt Time*, não é possível satisfazer a procura, uma vez que o processo fabrica produtos a uma cadência inferior à requerida pelo mercado.

Deste modo, a situação ideal consiste em aproximar, tanto quanto possível, o tempo de ciclo ao valor do *Takt Time* (Liker, 2004).

Em suma, o *Takt Time* permite adequar o ritmo de produção, uma vez que o conceito quantifica a cadência de produção por forma a satisfazer o ritmo da procura.

2.4.2 Fluxo Contínuo

O fluxo contínuo corresponde a um dos fatores que ajudam na aplicação do JIT. Este foi adotado por *Ohno*, após o estudo do livro de Henry Ford. O qual proclamava a importância do conceito de fluxo contínuo, sem paragens (Liker, 2004). No entanto, não era o que acontecia na fábrica da Ford, uma vez que existiam enormes inventários de Work in Process (WIP) ao longo da cadeia de valor, posteriormente empurrados para o processo seguinte (Womack et al. 1990).

Ohno sabia que a produção empurrada, que ocorria na Ford, não seria uma boa opção para a Toyota, uma vez que tornaria a fábrica num armazém de produtos. Então, logo reconheceu a importância da criação de um fluxo produtivo forte, o que constitui a produção do extremamente necessário e a padronização de todas as movimentações existentes no processo (Takeda, 1999).

Na aplicação do conceito de fluxo contínuo foi necessário o desenvolvimento de novas ideias, tais como a redução dos lotes de produção e dos tempos de preparação, por forma a atingir o sistema *one-piece-flow*. Este sistema consiste na movimentação de uma única peça ao longo da cadeia de valor sem a existência de WIP entre os processos. As linhas de produção com este tipo de sistema devem estar dispostas em célula como se apresenta na Figura 3.

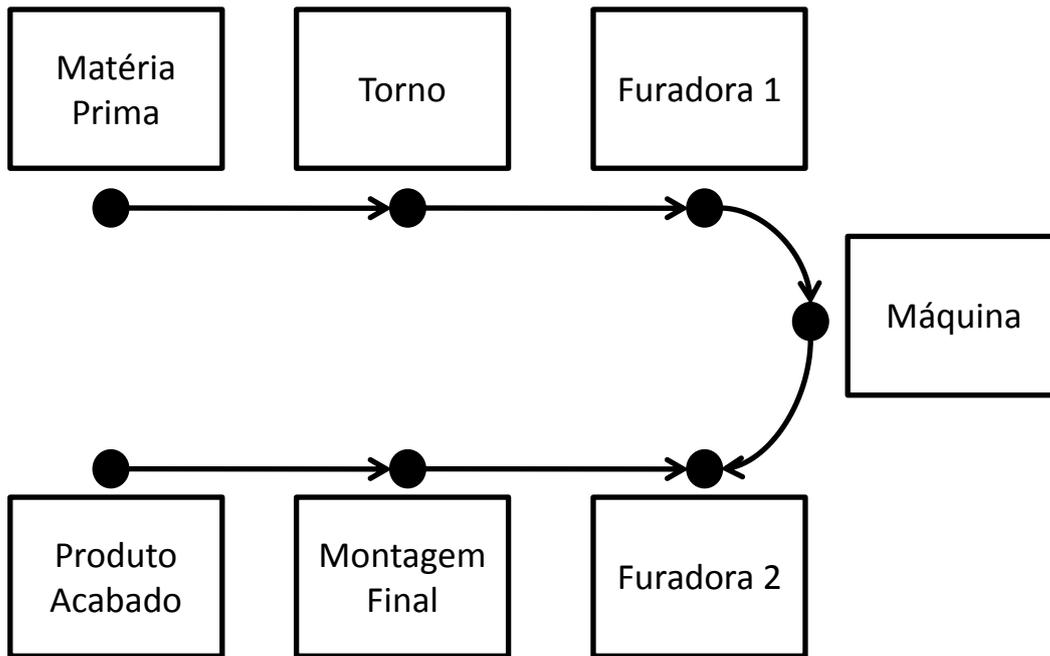


Figura 3 – Exemplo de uma Célula de Produção

O fluxo contínuo traz vantagens para a organização na medida em que reduz o tempo de percurso do material, reduz o inventário, melhora o balanceamento da linha, a responsabilidade é atribuída de uma forma clara e inequívoca, os operadores tornam-se flexíveis em termos das operações que realizam, reduz o investimento nos equipamentos, reduz o tempo e custo dos *setups* e aumenta a coordenação e comunicação (Santillo, 2008).

2.4.3 Sistema Pull

Em todas as organizações é necessária a utilização de um controlo de produção, que visa, através da combinação de conceitos e métodos, assegurar um processo de produção nivelado e económico com as capacidades específicas.

O controlo da produção pode realizar-se quer pelo princípio *Push*, quer pelo princípio *Pull*. Atualmente, as empresas têm vindo a adotar o princípio *Pull* desenvolvido por *Ohno*, que aclama que nada pode ser produzido sem que seja pedido pelo cliente, sendo que a situação ideal é a produção sincronizada, ou *Just In Sequence* (JIS). No entanto, esta situação acarreta enormes custos, uma vez que necessita de um número elevado de recursos.

No sistema puxado apenas o último processo conhece as encomendas do cliente, sendo que os processos antecessores só produzem mediante o pedido do processo sucessor. Para que o processo anterior conhecesse os pedidos dos processos

subsequentes, a Toyota desenvolveu o sistema de *Kanbans*. Desta forma, o sistema de *Kanbans* é um sistema de informação que permite a transmissão desta, entre processos.

Na Figura 4 apresenta-se um sistema produtivo caracterizado por três postos de trabalho em que o fluxo de material se movimenta da esquerda para a direita. As setas a tracejado indicam a direção pela qual a informação deve provir num sistema *Pull*, ou seja, da direita para a esquerda.

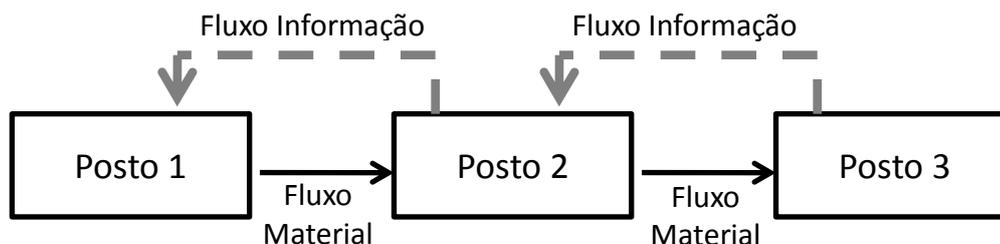


Figura 4 – Fluxo de material e de informação numa Organização (adaptado de Courtois, Bonnefois e Pillet, 1997)

O fluxo de informação nas organizações com sistema puxado realiza-se por intermédio de cartões, designados por *Kanban*, palavra japonesa. Os mais utilizados são de dois tipos: *Kanban* de produção, ou simplesmente *Kanban*, e o *Kanban* de transporte. Este último é um cartão com a informação referente ao tipo e quantidade de produto necessário no processo seguinte. O *Kanban* de produção, tal como o nome indica, é uma ordem de produção enviada por um dado processo ao seu processo precedente, uma vez que indica que tipo e quantidade de determinado produto é necessário produzir.

A *Toyota* para além dos dois tipos de *Kanban* apresentados no parágrafo anterior utiliza outros tipos de *Kanban*, como por exemplo o *Kanban* de fornecedor. Este é utilizado na indicação das entregas requeridas ao fornecedor de matéria-prima, bem como o lugar específico onde estas terão de ser entregues. O *Kanban* de fornecedor é bastante utilizado pela *Toyota*, visto esta não possuir um local específico para o armazenamento dos componentes necessários à produção. Na figura 5 apresenta-se o funcionamento dos *Kanbans* de produção e dos *Kanbans* de transporte (Courtois, Bonnefois e Pillet, 1997)

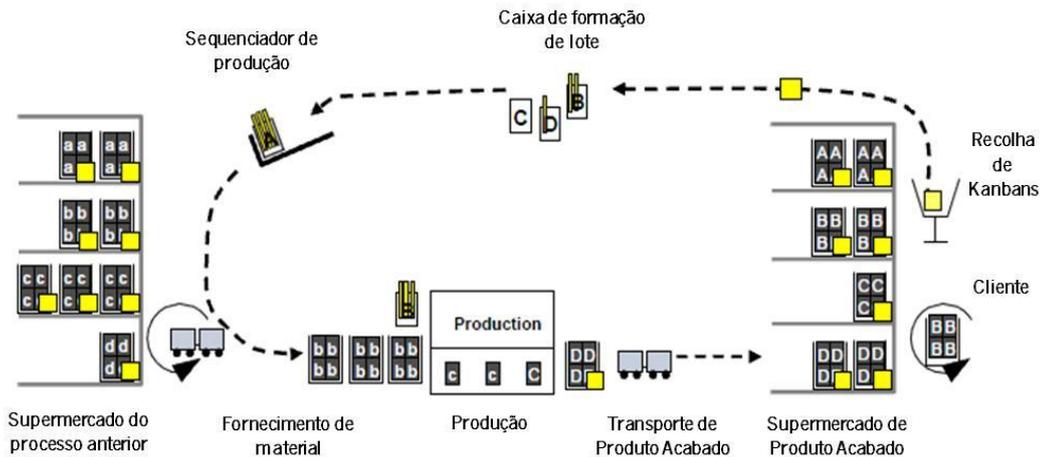


Figura 5 – Sequência de processos que envolvem a utilização de Kanbans de Transporte e de Kanban de Produção (adaptado de Bosch, 2010f)

O sistema de *Kanbans* inicia-se com a remoção de produto por parte do cliente, que coloca os respetivos *Kanbans* de transporte na caixa de recolha de *Kanbans*, que por sua vez serão transferidos para a caixa ou quadro de formação de lote, já sob a forma de *Kanbans* de produção. Após a caixa de formação de lote se encontrar completa no espaço referente a um dado produto os cartões são colocados no sequenciador de produção indicando ao operador da linha de produção qual o próximo lote a produzir.

2.5 Os Sete Tipos de Desperdícios

Durante o desenvolvimento do TPS, *Ohno* identificou as atividades de produção, como atividades de valor acrescentado e as de valor não acrescentado. As atividades de valor acrescentado estão definidas como sendo aquelas atividades que o cliente está disposto a pagar. Por exemplo, a atividade de inserção de componentes num produto numa linha de montagem é uma atividade de valor acrescentado. No que respeita às atividades sem valor acrescentado são todas aquelas atividades que o cliente não está disposto a pagar. A título de exemplo o cliente não está disposto a pagar o tempo despendido pelo colaborador na procura de componentes para o produto ou no transporte do material. Estas últimas atividades devem, portanto ser reduzidas, e eventualmente conduzidas à sua eliminação.

Neste sentido, *Ohno* englobou as atividades sem valor acrescentado nos sete tipos de desperdícios, apresentados de seguida.

2.5.1 Produção em excesso

A produção em excesso é um desperdício comum nos ambientes indústrias, que se traduz pela produção de maiores quantidades do que as realmente necessárias. Para além do desperdício em quantidade Shingo (1989) distingue outro tipo de produção em excesso, a produção de bens mais cedo que a data de entrega ao cliente.

A produção em excesso causa uma série de resultados negativos como a acumulação de WIP, o camuflar dos defeitos de qualidade, o processamento incorreto e as elevadas horas de produção. Basicamente, a produção em excesso cria produtos finais desnecessários que simplesmente são acumulados em inventário.

Apesar dos efeitos negativos deste desperdício, as organizações continuam a produzir em excesso apontando razões para o fazerem. Assim, o medo do absentismo dos colaboradores, as falhas das máquinas, a fraca manutenção preventiva levam à produção em excesso, o que permite aos gestores prevenir possíveis falhas de fornecimento. Nesta situação o retrabalho e a sucata tornam-se procedimentos habituais (Ortiz, 2006).

2.5.2 Espera

A espera ocorre quando os processos de manufatura não estão sincronizados, causando a inatividade do operador. A falta de componentes, o não balanceamento da produção, os métodos inadequados, os elevados tempos de preparação, o equipamento inapropriado, a comunicação pobre e as rejeições são alguns dos exemplos que originam este desperdício.

No mundo industrial, o tempo de inatividade do colaborador corresponde a dinheiro mal investido e por esta razão é urgente a realização de manutenções preventivas e as rápidas mudanças de ferramentas. A redução do tempo de ciclo proporciona a eliminação do tempo de espera na sequência de trabalho que se traduzirá num enorme efeito na produtividade.

2.5.3 Transporte

Os desperdícios têm um efeito dominó, ou seja, o aparecimento de um deles promove os restantes, em que o transporte é exemplo disso.

O transporte está associado aos movimentos desnecessários do produto, que, quando efetuado, não lhe acrescenta qualquer valor. A sua existência pode estar

relacionada com um fraco planeamento e programação da produção, ou então com *layouts* ineficientes que provocam movimentações desnecessárias, tanto de pessoas como de materiais. Isto pode conduzir a tempos de espera e ao uso de mais recursos do que aqueles que são realmente necessários (Ortiz, 2006).

2.5.4 Processamento em Excesso

O processamento em excesso gera dispêndio de pessoas, máquinas e tempo que podiam estar a ser utilizados na realização de outras tarefas. Por vezes, a maioria das operações são repetidamente realizadas desnecessariamente, na medida em que se podiam agregar num só local.

Um exemplo deste tipo de desperdício é o embalamento e desembalamento de peças nos vários processos existentes na transformação da matéria-prima em produto final. As organizações pensam que o embalamento da peça sempre que ocorra um processo é uma boa prática na redução da sucata, no entanto é uma perda de tempo, uma vez que não acrescenta qualquer valor ao produto. Tendo em conta a filosofia *Lean* o desembalamento devia ocorrer no início da cadeia de valor e o embalamento no final (Ortiz, 2006).

2.5.5 Inventário

O inventário excessivo não é mais do que a acumulação de material, quer este esteja guardado em armazém, quer esteja em processamento em qualquer ponto do processo de fabrico. Esta acumulação é comum nas organizações devido aos seus processos ineficientes, aos *softwares* de controlo de inventário ineficazes, ao incumprimento dos prazos de entrega dos fornecedores, aos longos tempos de preparação e à existência de defeitos. Com efeito dominó o inventário origina transporte, defeitos e movimentações desnecessárias (Ortiz, 2006).

2.5.6 Movimentações

Caso um operador tenha de se movimentar mais do que alguns passos por causa de uma peça é necessário implementar uma ferramenta *Lean*, o *Kaizen*. O desperdício de movimentos é qualquer movimento para além do realmente necessário. Este tipo de “*muda*” não se aplica apenas à linha de produção, mas também a todos os restantes movimentos, quer sejam eles de máquinas, de procura de materiais e de ferramentas. A não existência de padrões nas operações, os deslocamentos de e para a manutenção, a pobre gestão visual e o próprio *layout* da fábrica condicionam a existência de

movimentações. Embora as movimentações constituam um desperdício, e como tal deve ser eliminado, elas são necessárias na medida certa (Ortiz, 2006).

2.5.7 Defeitos

O desperdício dos defeitos ocorre devido à fraca qualidade interna. A produção de produtos defeituosos ou de produtos que necessitem de ser reparados não constitui uma boa prática, uma vez que acarreta custos em mão-de-obra, materiais, instalações e transporte.

Caso os produtos não possam ser reparados existem outros custos como as perdas resultantes do custo dos componentes, o custo de armazenar os materiais no inventário, a mão-de-obra utilizada na produção desse tipo de produtos, o manuseamento e a movimentação.

2.5.8 Não utilização da criatividade dos colaboradores

Além dos sete tipos de desperdícios apresentados anteriormente, Liker (2004) apresentou outro desperdício, a não utilização da criatividade dos colaboradores. Este desperdício caracteriza-se pela não utilização das capacidades, das ideias, das melhorias e das oportunidades de aprendizagem que podem advir dos colaboradores.

3 Apresentação da Empresa

A presente dissertação foi realizada numa das empresas do Grupo Bosch, existente em Portugal. Nesta secção descreve-se o grupo, nomeadamente o historial e áreas de negócio, seguindo-se a implantação particular da unidade Bosch Car Multimedia S.A., sediada em Braga

3.1 O Grupo *Bosch*

Nesta secção é apresentado o grupo *Bosch*, com a sua história, missão, visão e valores e as várias divisões do grupo.

3.1.1 História

O Grupo *Bosch* deve o seu nome ao seu fundador *Robert Bosch* (1861-1942), aquando da criação da sua primeira oficina de mecânica de precisão eletrotécnica, em Estugarda, quando este tinha 25 anos (1886). Foi nesta mesma oficina que se desenvolveu o magneto, o componente que se tornou o primeiro sucesso comercial da empresa. Por este motivo, o nome da empresa ficou desde sempre associado à indústria automóvel. Entre o período da fundação da oficina e o ano de 1900 é inaugurada uma representação da mesma na Grã-Bretanha.

Entre 1901 e 1923 a oficina já era uma fornecedora internacional do sector automóvel, o que levou a que fossem inauguradas duas fábricas, uma em Paris e outra em Massachusetts. Neste período a empresa lança o farol e a buzina e desenvolve-se o primeiro *design* gráfico da marca *Bosch* inspirado no primeiro sucesso comercial da empresa, o magneto, que pode ser identificado na Figura 6.



Figura 6 – Logótipo da *Bosch*

A partir de 1924 a empresa ruma à procura da variedade tornando-se uma empresa diversificada. Nesta diversificação cria a primeira bomba de injeção a *diesel*, a primeira ferramenta elétrica com motor na altura do punho, o primeiro refrigerador. A Bosch adquire igualmente a *Junkers*. É neste período que existe trabalho forçado e

resistência na Alemanha, uma vez que esta se encontrava em plena 2ª Guerra Mundial. E ainda ocorre a morte do seu fundador.

No pós-guerra (1946 –1959) a organização retoma em força, uma vez que a sua produção reinicia e novas oportunidades de expansão se avizinham. Estas novas oportunidades surgem através da existência de novas vias de internacionalização na Austrália, Índia e Brasil. É também neste período que se produz o primeiro processador de alimentos iniciando-se a era da hidráulica.

Nos anos que se seguem (até 1990) o grupo entra na era da eletrónica que ocorre depois da implantação da nova constituição corporativa, na qual *Robert Bosch Stiftung* se apresenta como principal acionista. Nesta nova constituição as divisões dos negócios são definidas, criando-se a *Bosch und Siemens Hausgerate GmbH*, desenvolve-se o *Jetronic* e introduz-se o programa “seguro, limpo e económico”.

Desde 1991 até ao momento ocorre a globalização, com a abertura de novos mercados. A *Bosch* conquista novas regiões em crescimento no Leste Europeu e na Ásia. Na abertura a novos mercados o grupo *Bosch* desenvolve o ESP, o sistema Common Rail e ferramentas elétricas com baterias recarregáveis de íões de lítio. Mais duas fábricas são adquiridas, a *Borderus* e a *Rexroth*.

Pretendendo estar na vanguarda das necessidades dos mercados, o Grupo decide apostar no desenvolvimento e produção de sistemas fotovoltaicos.

3.1.2 Estratégia do Grupo

A estratégia do grupo apresenta três pontos fundamentais para a concretização do seu sucesso. Esses pontos são a missão que o grupo se propõe cumprir; a visão, definindo a meta do grupo num dado período de tempo; e, claramente, os valores pelos quais se rege.

3.1.2.1 Missão

A missão da *Bosch* é: “Qualidade é a nossa cultura. Inovação assegura o nosso futuro. As pessoas são o nosso maior valor. Buscamos a excelência empresarial. Distinguímo-nos da concorrência com a oferta de excelência na área da eletrónica.”

3.1.2.2 Visão

O Grupo pretende ser uma referência, a nível mundial, no sector eletrónico atuando como modelo de excelência para o cliente e na gestão por processos.

3.1.2.3 Valores

Os valores nos quais a estratégia do grupo assenta são apresentados de seguida.

Orientação para o futuro e os resultados

A *Bosch* garante o sucesso empresarial a longo prazo e o contínuo desenvolvimento da empresa através do ativo envolvimento nas mudanças técnicas e metodológicas e oferecendo soluções inovadoras aos seus clientes e atraentes oportunidades de trabalho aos colaboradores.

Responsabilidade

A *Bosch* encontra-se consciente de que as suas atividades empresariais devem estar de acordo com os interesses da sociedade. Os seus produtos e serviços estão orientados à segurança das pessoas, à utilização apropriada dos recursos e à prevenção do meio ambiente.

Iniciativa e Determinação

A empresa detém iniciativa própria com responsabilidade empresarial e é determinada na implementação dos seus objetivos.

Abertura e Confiança

No momento correto e de forma transparente os colaboradores e parceiros são informados dos importantes desenvolvimentos que ocorrerão, estabelecendo-se uma base de confiança no trabalho conjunto.

Seriedade e Honestidade

A empresa garante a seriedade e a honestidade no trato com os seus parceiros e colaboradores de negócio, uma vez que considera estes dois pontos fundamentais para o seu sucesso.

Confiabilidade, Credibilidade e Legalidade

A *Bosch* cumpre o que promete. Vê a sua palavra como uma obrigação e respeita o direito e a lei.

Diversidade cultural

A empresa respeita as suas origens regionais e culturais, considerando a diversidade como uma vantagem competitiva e condição necessária para o sucesso mundial.

3.1.3 Áreas de Negócio

O grupo *Bosch* opera em três ramos distintos: a tecnologia automóvel, a tecnologia industrial e os bens de consumo e tecnologia de construção.

A tecnologia automóvel divide-se em: Sistemas a gasolina, Sistemas a *diesel*, Sistemas de controlo de Chassis, Sistemas de travões de chassis, Motores de arranque e alternadores, Atuadores elétricos, *Car Multimedia* (Multimédia Automóvel), Eletrónica Automóvel e Acessórios e Serviços para Automóvel.

No ramo da tecnologia industrial tem-se a *Bosch Rexroth*, a tecnologia de embalagem e a energia solar.

Por fim na tecnologia de construção tem-se as ferramentas elétricas, a termotecnologia e os sistemas de segurança.

3.1.4 O Grupo Bosch em Portugal

Em Portugal, o Grupo *Bosch* possui 4 fábricas dos vários ramos existentes no Grupo:

A *Bosch Car Multimedia Portugal S.A.*, filiada em Braga, dedica-se à produção de Auto rádios, Sistemas de Navegação e outros equipamentos eletrónicos para a maioria das marcas de automóveis.

A *Bosch Security Systems – Sistemas de Segurança, S.A.*, filiada em Ovar que se dedica, tal como o nome indica, à produção de sistemas de segurança.

A *Bosch Termotecnologia, S.A.*, filiada em Aveiro, que se dedica à produção de esquentadores, caldeiras e sistemas solares térmicos

A *Robert Bosch Travões Unipessoal, Lda*, filiada em Abrantes dedica-se à produção de sistemas de travões.

A *Robert Bosch Unipessoal, Lda*, em Lisboa, é responsável pela comercialização de todos os produtos Bosch.

Na Figura 7 apresenta-se a distribuição geográfica das fábricas do grupo *Bosch* em Portugal.

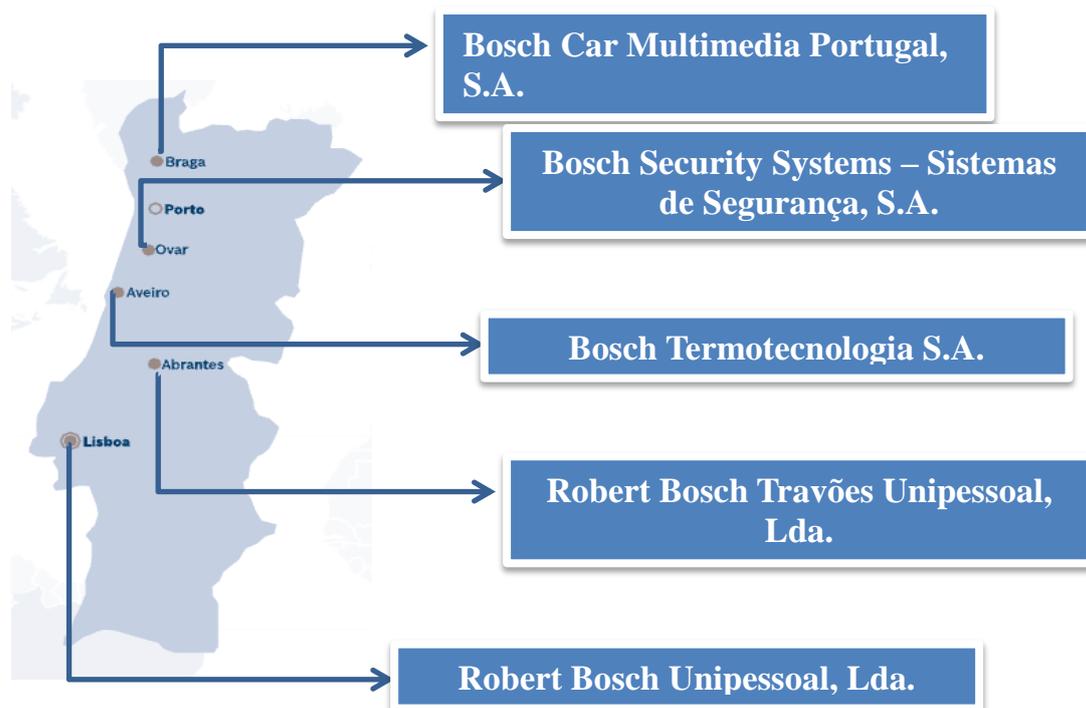


Figura 7 – Grupo Bosch em Portugal

3.2 Bosch Car Multimedia Portugal S.A.

A divisão *Car Multimedia* do Grupo *Bosch* surge no início dos anos 30, aquando da aquisição da empresa *Ideal*, especialista na produção de auscultadores. Neste momento a divisão *Car Multimedia* encontra-se sediada em Hildesheim, na Alemanha.

Posteriormente a *Bosch* inicia-se no desenvolvimento de *Sistemas Car Audio*, sob a marca *Blaupunkt*, lançando o primeiro auto rádio europeu. Em 1952, começa a construir uma história ligada à inovação, devido à introdução de rádios de frequência modulada (FM). Após 20 anos, lança o primeiro rádio com CD e em 1982 desenvolve o primeiro sistema de navegação.

A *Car Multimedia* assenta a sua estratégia na oferta de soluções inteligentes que integram entretenimento, soluções de navegação, telemática e assistência ao condutor, focando-se no desenvolvimento de soluções de forma a tornar a condução mais fácil, segura e económica. Em suma, a empresa pretende proporcionar aos condutores de veículos, uma condução cómoda, respondendo ao crescente interesse destes relativamente ao consumo de combustível e à redução de emissão de gases poluentes.

A visão da *Car Multimedia*, o *Driving Convenience*, pretende assegurar a expansão na área de negócio dos Auto rádios, com rentabilidade sustentada.

Os pilares da estratégia da *Car Multimedia* são a satisfação do cliente, a diferenciação funcional e a liderança em custos, inovação, qualidade e negócios globais.

Os pilares e a visão são alinhados de modo a alcançar a excelência, agindo de forma sustentada, através dos Sistemas de Gestão Global da *Bosch* e a Gestão por Processos que aplica.

A divisão *Car Multimedia* encontra-se presente em Portugal através de uma unidade em Braga, conforme ilustrado na Figura 8. Apresentando-se como a maior fábrica da divisão *Car Multimedia* do Grupo e a maior empresa do Grupo em Portugal, tendo iniciado a sua atividade em 1990.

Atualmente a unidade emprega cerca de 2000 pessoas, sendo por esta razão o maior empregador privado da região, a maior fábrica de Auto rádios na Europa e um dos maiores exportadores nacionais.

A *Bosch Car Multimedia Portugal S.A.*, integra um centro de desenvolvimento e de competências técnicas reconhecido pelo seu *know-how* na área da eletrónica industrial, sendo uma empresa de *benchmark* em diversas áreas técnicas de produção.



Figura 8 – Fábrica da Bosch em Braga

3.2.1 Estrutura organizacional da empresa

A *Bosch Car Multimedia Portugal S.A.* apresenta duas áreas sendo elas: a área comercial e a área técnica, como se pode visualizar na Figura 9. Cada área é dirigida pelo seu responsável.

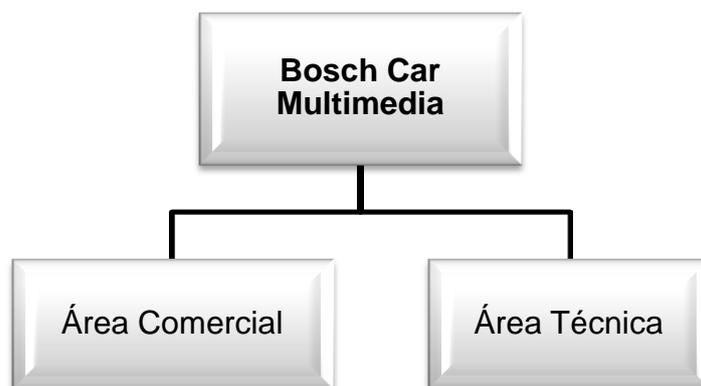


Figura 9 – Áreas da Bosch Car Multimedia (Bosch, 2010b)

A área comercial divide-se em sete departamentos, o serviço pós-venda e produção de aparelhos de substituição e reparações, os serviços informáticos locais, a contabilidade financeira, a logística, os recursos humanos, as compras e as compras avançadas. A estrutura organizacional detalhada encontra-se no Anexo 1.

A área técnica é constituída por oito departamentos, como se pode observar no organigrama do Anexo 2. O *Deployment Business Excellence* (DBE), o Desenvolvimento (ENG), a Saúde, Segurança e Ambiente, o Processo SMT, a Montagem Final, a Gestão de Qualidade de Compras, Gestão da Qualidade e Métodos e o de Funções Técnicas.

3.2.2 Produtos

A empresa onde se desenvolveu esta dissertação de mestrado caracteriza-se pelo fabrico e desenvolvimento de produtos eletrónicos complexos, principalmente auto rádios e sistemas de navegação para a indústria automóvel. O desenvolvimento destes produtos inicia-se desde a construção do protótipo até à produção em série.

Nos últimos anos, esta unidade tem diversificado a sua carteira de produtos, na área da multimédia automóvel (novos projetos de sistemas de navegação), e no fabrico de produtos para as áreas de eletrodomésticos e da segurança automóvel. Na Figura 10 observa-se alguns dos produtos que podem ser fabricados na empresa.



Figura 10 – Exemplo de Produtos da Bosch (Bosch, 2010b)

3.2.3 Principais Clientes

Sendo uma empresa especializada na montagem de auto rádios e de sistemas de navegação, a indústria automóvel é sem dúvida o maior cliente da *Bosch Car Multimedia S.A.*, dos quais se destacam a *Seat*, a *PSA* e a *Volkswagen*, entre outras.

Além da indústria automóvel a Bosch fornece produtos para outras indústrias como se pode ver na Figura 11.



Figura 11 – Principais clientes da Bosch

3.2.4 Instalações

A Bosch Car Multimedia S.A., em Braga divide-se em quatro edifícios (101, 102, 103 e 104) que podem ser observadas na Figura 12.

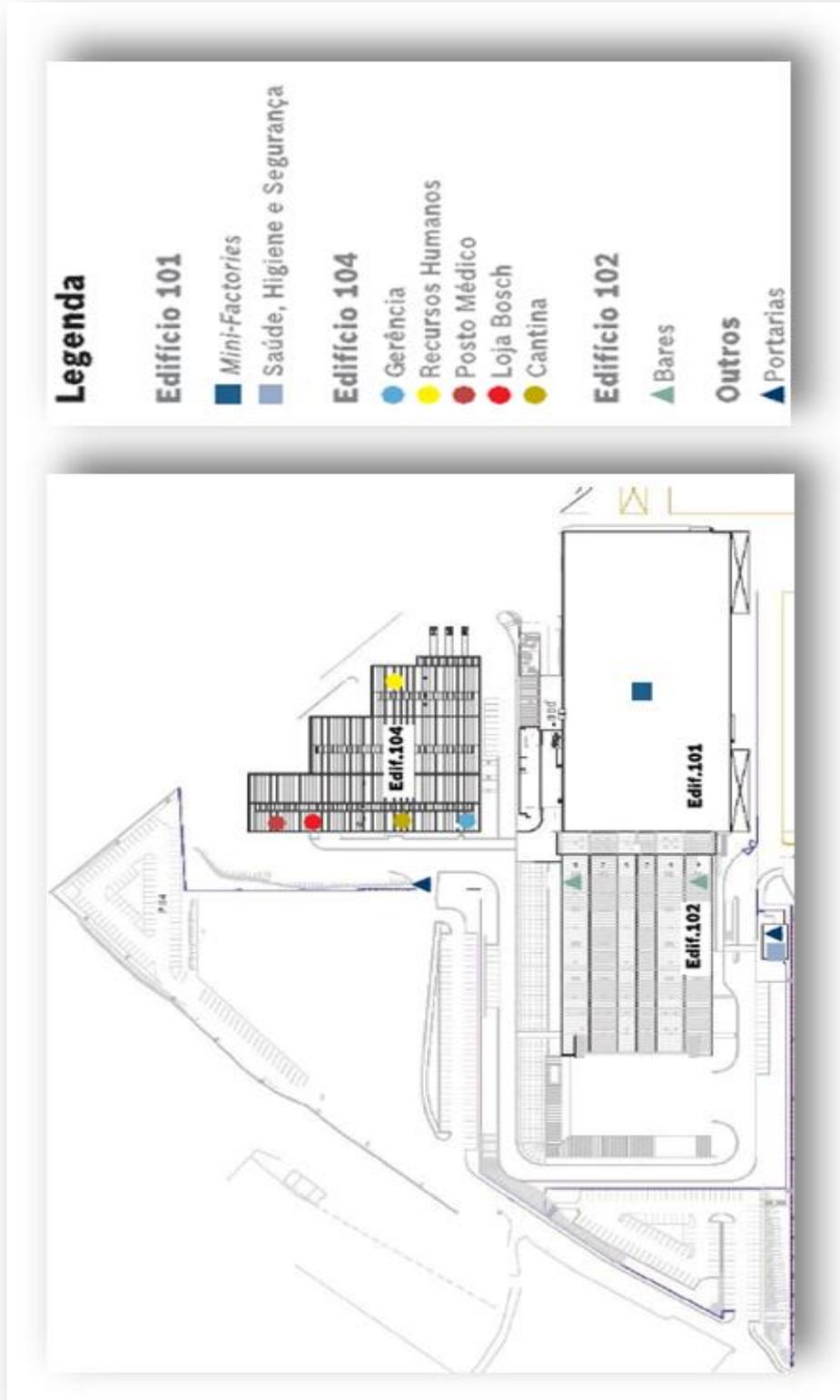


Figura 12 – Instalações da *Bosch Car Multimedia* em Braga (Bosch, 2010b)

O edifício 101 destina-se à produção encontrando-se dividido em dois pisos, onde se localizam as unidades de *Manufacturing Operations Engineering*: MOE1 e MOE2. MOE1 está situada no piso 1. É nesta área fabril que se realiza a inserção automática. Por sua vez, MOE2 está situada no piso 0. Nesta área fabril procede-se à montagem final.

As matérias-primas provenientes dos vários fornecedores são rececionadas, tratadas e armazenadas no armazém 102. Neste armazém também se procede à expedição dos produtos. Esta expedição pode ter como destino o cliente final ou um segundo armazém localizado no edifício 104. O armazém 104 acumula os produtos acabados até ao momento da sua expedição.

O material fora do *standard*, as embalagens retornáveis e os materiais que necessitam de ser armazenados no armazém químico ou armazém de frio são rececionados e depositados no armazém 103.

Para além das funções descritas do armazém 104, este ainda contém a serralharia e o PDI. A área de PDI é responsável por efetuar testes de controlo e inspeção dos auto rádios, após a sua produção.

4 Sistema Produtivo da *Bosch*

Uma vez que a presente dissertação foi realizada em ambiente industrial, concretamente na área de produção, é essencial conhecer o sistema produtivo da organização, uma vez que a identificação dos equipamentos, dos materiais, dos processos, das normas e das regras são essenciais para a recolha das informações necessárias ao projeto.

A *Bosch* apresenta uma filosofia de produção própria: o *Bosch Production System* (BPS) que se inspira no *Toyota Production System* (TPS), apresentado no Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica.

4.1 *Bosch Production System*

A *Bosch Car Multimedia*, sendo uma fábrica intrinsecamente ligada ao ramo automóvel, é condicionada pelas constantes mudanças do mercado. Para enfrentar tais mudanças existe necessidade de implementação de práticas que reduzam os desperdícios, acrescentem valor aos produtos e consequentemente tragam vantagens competitivas.

A *Bosch* optou por desenvolver o seu próprio sistema de produção, o *Bosch Production System*. Este sistema, em analogia com o TPS, tem como objetivo o desenvolvimento contínuo e global dos processos de produção e de logística. Deste modo, o custo, a qualidade e a entrega dos produtos oferecidos pela organização têm sido melhorados ao longo do tempo.

4.1.1 Princípios do BPS

A construção do sistema de produção da *Bosch* é suportada por oito princípios: Princípio de Puxar, Padronização, Transparência, Flexibilidade, Orientação para o Processo, Melhoria Contínua, Autorresponsabilidade e Prevenção de Defeitos.

Princípio de Puxar

O princípio de puxar, tal como no TPS, propõe a produção das reais necessidades do cliente. Assim, num sistema *Pull*, as atividades da cadeia de valor que acrescentam valor ao produto apenas são desencadeadas a partir da procura do cliente. Este princípio sugere a existência de um fluxo contínuo e a sincronização de atividades entre a logística e a produção, possibilitando a redução dos tempos de entrega e os inventários (*Bosch*, 2010f).

Para implementar um sistema puxado é necessário o recurso a alguns elementos como o Sistema de *Kanbans*, o *Milk Run*, o *Ship to Line*, o supermercado e o nivelamento da produção.

Padronização

A padronização pretende criar padrões nas tarefas para que estas sejam executadas da melhor forma possível, tendo em conta a qualidade, as regras, as instruções, as especificações, as normas, a conceção e as métricas. Deste modo, os padrões das várias tarefas são escolhidos como sendo os “Melhores-na-Classe”.

No caso de existência de desvios, estes são estudados com o intuito de aplicação das melhorias necessárias, com possíveis alterações aos padrões. Deste modo, os padrões encontram-se em constante desenvolvimento, uma vez que o processo de produção está em constante mudança, com novos equipamentos e novos métodos de trabalho.

Num trabalho padronizado pretende-se: (a) a eliminação de todo o tipo de desperdício; (b) a produção, montagem e transporte da peça certa na quantidade e local exatos; (c) a combinação eficiente do operador, do equipamento e dos materiais e a padronização dos processos (Bosch, 2010i).

Transparência

A transparência é a base para atingir objetivos e a melhoria contínua, uma vez que possibilita a clareza dos processos e dos negócios. Esta clareza permite uma orientação rápida em todas as áreas, em que todos os colaboradores conhecem as suas tarefas e os seus objetivos. Possibilitando desta forma, a melhoria e a compreensão geral do sistema de produção (Bosch, 2010j).

Flexibilidade

Com o intuito de uma melhor satisfação dos inconstantes requisitos do cliente, a Bosch desenvolve o princípio que visa o rápido e fácil ajuste da produção, a flexibilidade. Este rápido ajuste envolve os equipamentos e máquinas utilizados no sistema de produção, bem como a organização do trabalho.

Como os equipamentos são fiáveis e as trocas de ferramenta são realizadas de uma forma rápida e os próprios colaboradores podem ser colocados em qualquer um dos

postos de trabalho, a adaptação dos novos processos e técnicas é feita de modo eficaz no sistema de produção (Bosch, 2010e).

Orientação para o processo

O princípio da orientação para o processo visa a redução de lotes de produção, as rápidas entregas ao cliente, com o máximo de estabilidade do processo produtivo. Com esta estabilidade as quantidades de WIP entre processos são reduzidas, o fornecimento de material é realizado com o mínimo de desperdício, as áreas logísticas que não acrescentam valor ao produto são reduzidas, a comunicação entre os operadores é expedita e existe um nível de transparência (Bosch, 2010d)

Melhoria Contínua e Eliminação do Desperdício

Este princípio BPS baseia-se no sistema *Kaizen*, proposto pela Toyota, que tem como premissa primordial: “**Não existe nada que não possa ser melhorado**” e se encontra intimamente interligado com a padronização, uma vez que sem o estudo dos desvios que ocorrem nos processos padronizados, não existem melhorias a implementar.

A melhoria contínua divide-se em dois processos: o ponto e o sistema *Kaizen*. O ponto *Kaizen* possibilita a resolução de problemas pontuais nos postos de trabalho, a gestão dos desvios aos padrões e a manutenção destes. Quanto ao sistema, este gere toda a cadeia de valor, reunindo especialistas em *Kaizen* (Bosch, 2010g; Bosch, 2010h). Estes especialistas organizam workshops de modo a formar os colaboradores acerca da importância da melhoria contínua e da eliminação do desperdício.

Autorresponsabilidade

Segundo Liker (2004), existe um oitavo desperdício, o qual é de extrema importância, a não utilização da criatividade dos colaboradores, já descrito na secção 2.5.8. Com o intuito de reduzir esse desperdício e para aumentar a motivação dos colaboradores, a *Bosch* implementou o princípio da autorresponsabilidade. Este possibilita o envolvimento dos operários através da atribuição direta de responsabilidades e competências. Estas são determinadas pelo nível do processo em questão, conduzindo à utilização dos conhecimentos e uso da criatividade (Bosch, 2010o).

Qualidade Perfeita

A visão da organização é “Zero Defeitos”, ou seja, a entrega ao cliente de bens com qualidade perfeita. Na prevenção de defeitos, o evitar as falhas sobrepõe-se à deteção de falhas, em que esta apenas é efetuada nos locais necessários.

A prevenção das falhas é realizada através da aplicação de ferramentas que visam a estabilidade do processo, como o 5S, o *PokaYoke*, o sistema de resposta rápida, e o TPM.

Com a estabilidade do sistema a taxa de produtos bons aumenta e o *stress* dos colaboradores diminui (Bosch, 2010b).

4.1.2 Ferramentas

Para a implementação do sistema proposto neste projeto foi necessário o recurso a algumas das ferramentas do *Bosch Production System*. Assim, apresentam-se aquelas que foram utilizadas no decorrer deste projeto.

4.1.2.1 Value Stream Mapping

Esta ferramenta BPS visa mapear todas as atividades da cadeia de valor de um dado produto ou serviço. A apresentação de todas as atividades, permite visualizar aquelas que acrescentam valor ou não ao produto ou serviço.

Através desta visualização é possível definir o caminho *Kaizen*, isto é, a definição de todos os pontos que têm de ser modificados e a determinação de todos os desperdícios com vista a alcançar a visão *Kaizen*.

As principais fases, a ter em conta no mapeamento da cadeia de valor são: (a) seleção da família de produto; (b) mapeamento da situação atual; (c) criação da visão *Kaizen* (criação do *Value Stream Design*); e (d) definição do caminho *Kaizen*.

Após a seleção da família de produtos é necessário ter conhecimento de todos os processos desde os clientes até ao fornecedor, com a finalidade de mapear todos os processos e todos fluxos da cadeia de valor, quer estes sejam de informação ou de materiais. Em suma, o objetivo é a observação do *Gemba*, local onde decorre o trabalho dos operadores, que com os dados recolhidos permite desenhar a cadeia de valor a partir do cliente.

Depois do desenho da cadeia de valor a visão *Kaizen* é criada mediante as respostas a algumas questões que têm de ser respondidas, tais como o *Takt* do cliente,

em que parte da cadeia de valor existe o fluxo contínuo, onde poderão existir supermercados, para onde será enviado o programa de produção, como é que será nivelada a produção, qual o sistema de produção da organização e quais as melhorias necessárias.

Depois de todas estas respostas o *Value Stream Design* (VSD) é elaborado, de modo a delinear o fluxo de material e de informação com o intuito de desenvolver uma visão “magra” do sistema de produção. Neste sentido, os processos individuais encontram-se interligados por um fluxo contínuo de produção como é apresentado na Figura 13.

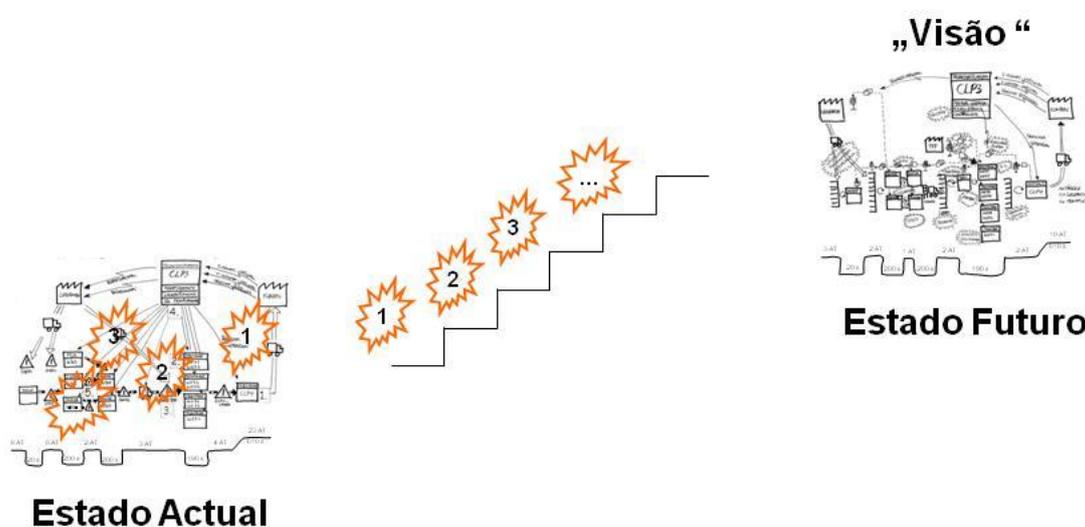


Figura 13 – Passagem do Estado Atual para o Estado Futuro (Bosch, 2010a)

Deste modo, o VSD tem como finalidade definir as atividades de melhoria necessárias para alcançar a visão *Kaizen*, bem como o plano de implementação dessas atividades.

No Anexo 3 podem ser observados algumas das simbologias utilizadas num *Value Stream Diagram* na *Bosch* (Bosch, 2010a).

4.1.2.2 Métricas

Com o intuito de avaliar as cadeias de valor existentes na organização, surge assim a necessidade da criação de um sistema métrico. Este deve ser estruturado de modo a ter em conta a qualidade, os custos e a entrega do produto. As métricas do sistema devem ser de fácil compreensão, coerentes e de fácil recolha (Bosch, 2010k).

De modo a atingir a satisfação do cliente e ter a sua contribuição do valor, a *Bosch* utiliza o *Overall Equipment Effectiveness*, a produtividade e o inventário. Cada um deles encontra-se descrito de seguida.

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Num dia de trabalho normal, é possível verificar que existem várias paragens devido a avarias nas máquinas, ou devido à falta de material. Noutras situações o que o colaborador produz nem sempre é entregue ao cliente, ou pode ocorrer um baixo ritmo de produção. Todos estes fatores que ocorrem são perdas que retiram eficiência quer ao trabalho humano quer a uma unidade produtiva. Estas derivam de três grupos de fatores: a disponibilidade, a velocidade e a qualidade.

A disponibilidade é a relação entre o tempo de trabalho total e o tempo perdido por paragens na linha. Este tipo de perdas deve-se a paragens por avaria, a afinações, à mudança de produção, à falta de material, à ausência do operador e de outras paragens com tempo superior a 5 minutos.

A velocidade mede a relação entre as unidades produzidas no tempo de trabalho disponível e a velocidade estipulada para cada unidade de produção. As perdas derivadas do fator velocidade correspondem a pequenas paragens, a ciclos em vazio e à rejeição de material.

O fator da qualidade avalia a relação entre a produção total de produtos e o número dos produtos sem qualidade. Estas perdas provêm de refugo e de defeitos de qualidade.

No sentido de obter valores para a eficiência de uma unidade produtiva surge a necessidade da criação de um indicador global de eficiência utilizada por uma unidade produtiva, o OEE. Assim esta métrica é medida através dos três fatores como pode ser observado na Figura 14.



Figura 14 – Estrutura da Eficiência Operacional OEE

Deste modo, os conceitos mais importantes do OEE são: (a) tempo de trabalho total; (b) tempo de abertura; (c) tempo de funcionamento; e (d) tempo de funcionamento à velocidade padrão. Após cálculo de todos os tempos indicados anteriormente é possível calcular a eficiência operacional (OEE) através da Equação 2.

Equação 2

$$Eficiência\ Operacional = disponibilidade \times velocidade \times qualidade$$

Todos os parâmetros da equação têm de ter valores inferiores a 1. Caso contrário, i) o ciclo padrão foi mal estabelecido; ii) o equipamento pode estar sobrecarregado; iii) a produção contabilizada diz respeito a um período anterior ou existem erros nos registos de quantidades e de tempos.

Produtividade

Qualquer organização mede a sua produtividade, uma vez que esta medida permite aferir sobre o respetivo patamar competitivo. Este conceito não é nada mais nada menos que a relação entre as peças boas, isto é, aquele produto que tem ausência de defeito, e o tempo de produção necessário. Esta relação pode ser observada na Equação 3.

$$\textit{Produtividade} = \frac{\textit{Número de peças boas}}{\textit{Tempo de produção directa}}$$

Inventário

O inventário é a soma de toda a matéria-prima, produtos semiacabados, produtos acabados e trabalho em processo. Desta métrica é possível distinguir dois tipos de custos, os diretos e os indiretos.

Os custos diretos dizem respeito aos custos com o pessoal afeto à produção, juros, custos de matéria-prima, entre outros, e os custos indiretos consideram os encargos com o pessoal não produtivo, os custos e apoio logístico. Tradicionalmente, os custos diretos são aqueles que se encontram em foco nas atividades de redução de custos. No entanto, os custos indiretos devem ser tidos em consideração nessas atividades, num futuro próximo.

4.1.2.3 Supermercado

Um supermercado é uma área de armazém de peças, quando é impossível que o fluxo de produção seja contínuo entre dois processos. Este é utilizado quando se pretende implementar um sistema *Kanban*, uma vez que armazena apenas a quantidade que o processo a jusante necessita para a sua produção.

4.1.2.4 *Continuous Improvement Process* (CIP)

Em analogia com o sistema *Kaizen* da Toyota, A *Bosch* desenvolveu o *Continuous Improvement Process* (CIP), que define os objetivos, os projetos e os *standards*, em analogia com o sistema *Kaizen*. Assim, o CIP não é mais que um processo de melhoria contínua que apoia os princípios BPS e se descreve em dois níveis de gestão importantes: o sistema CIP e o *Point CIP*.

O sistema CIP apresenta uma abordagem global da cadeia de valor com vista a melhorá-la, implementando-se objetivos.

Por outro lado, o *Point CIP* baseia-se na estabilidade e melhoria dos padrões existentes numa base diária, em processos individuais, com o propósito de atingir os objetivos do sistema CIP. Caso ocorram desvios aos objetivos propostos existe uma reação rápida com a finalidade da resolução dos problemas. Esta resolução de problemas é conseguida através do envolvimento dos colaboradores e da equipa de suporte técnico, realizando-se uma comunicação eficaz.

Neste sentido existem 5 elementos fundamentais do *Point CIP*, identificados na Figura 15, são: *Target Condition*, Sistema de Reação Rápida, Comunicação Estruturada, Resolução de Problemas Sustentável e Confirmação de Processo.

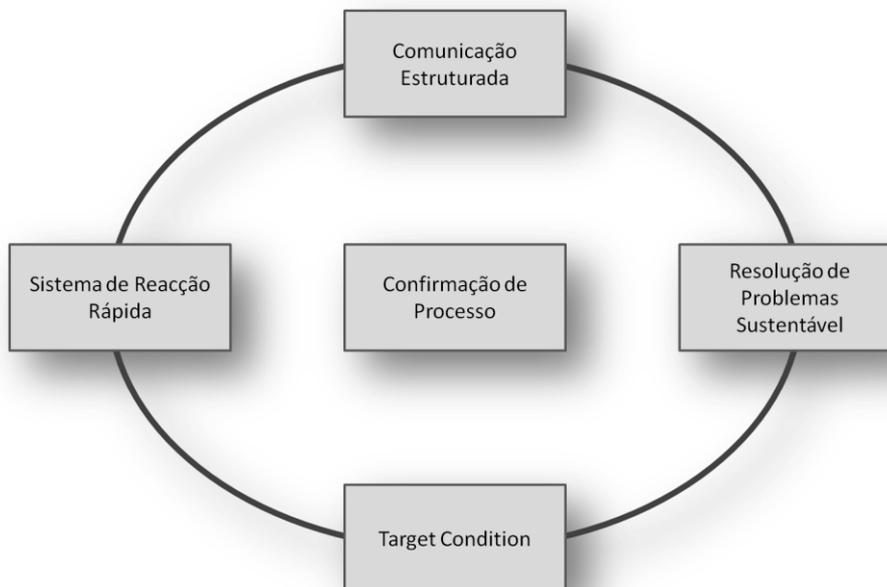


Figura 15 – Elementos do Point CIP

4.1.2.5 *Milkrun*

O sistema *milkrun* é uma ferramenta que visa a entrega de determinado produto, na quantidade e qualidade certa, no local e tempo exatos, nas áreas de produção em que o produto é pedido. Estas entregas acontecem ciclicamente entre dois pontos, entre os quais se realiza recolha de informação, entrega de material, recolha de produto acabado e entrega de *containers* vazios.

A ferramenta em questão é útil na medida em que permite o fornecimento confiável de material, uma vez que entrega o material requerido na quantidade exata, a uma cadência pré-estabelecida, melhorando desta forma a produtividade.

A redução do *stock* e conseqüente redução do espaço necessário na área de produção é também uma vantagem do *milkrun*, pois possibilita o frequente fornecimento de material em pequenas quantidades e um tempo de reaprovisionamento estável e curto. O *milkrun* divide ainda as atividades de logística e de produção, facilitando a otimização dos dois processos e aumentando o tempo de valor

acrescentado, colocando os desperdícios visíveis (Bosch, 2010). Os *milkruns* utilizam o carrinho ilustrado na Figura 16 para efetuar o transporte dos produtos e das matérias-primas.



Figura 16 – Carrinho do *Milkrun* Externo

4.1.2.6 Quick Changeover (QCO)

A importância de aumentar a variedade dos produtos oferecidos por uma dada organização conduz à necessidade de se alterar o lote de produção várias vezes durante um dia de trabalho. Uma vez que o tempo que decorre entre lotes é tempo improdutivo, constituindo um desperdício, este deve ser reduzido ou até mesmo eliminado. A aplicação do método *Single Minute Exchange of Die*, SMED, permite reduzir os tempos improdutivos, tornando os pequenos lotes de produção económicos e o aumento da capacidade real das máquinas.

Os tempos de mudança, *changeover time*, dividem-se em dois tipos de operações: as atividades internas e as atividades externas. As operações internas correspondem às atividades que apenas podem ser executadas com a máquina parada, enquanto que as operações externas podem ser realizadas com a máquina em funcionamento. Um dos passos na metodologia é a transformação do trabalho interno em externo, de modo a reduzir o tempo de paragem da máquina. Na Figura 17 verificam-se as etapas que devem ser seguidas para uma aplicação eficaz do método SMED.



Figura 17 – Etapas do Método SMED

4.1.2.7 Gestão Visual

A gestão visual é a introdução de sistemas e padrões, conhecimento e controlo do ambiente de trabalho bem como o seu estado operativo, apresentado de uma forma visível por todos os colaboradores da ocorrência de desvios. Após esta visualização é possível aplicar ciclos de melhoria nas operações.

Neste sentido, a gestão visual torna o processo transparente, uma vez que os desvios e os desperdícios são imediatamente identificados, o estado dos processos encontra-se ilustrado numa base regular e acessível (Bosch 2010n).

4.1.2.8 Nivelamento

O nivelamento define-se como sendo a separação das encomendas de produção dos clientes tendo em atenção as capacidades dos processos produtivos da encomenda e a capacidade de entrega da encomenda. Este ainda tem de garantir um plano de produção, regular, repetitivo, isto é, padronizado com a utilização de tamanhos de lotes predefinidos.

As encomendas do cliente podem ser irregulares, e os intervalos de aceleração instáveis e longos, conforme ilustrado na figura 18. Deste modo, o plano de produção deverá ajustar-se às flutuações da procura procurando minimizar os respectivos efeitos no sistema produção.

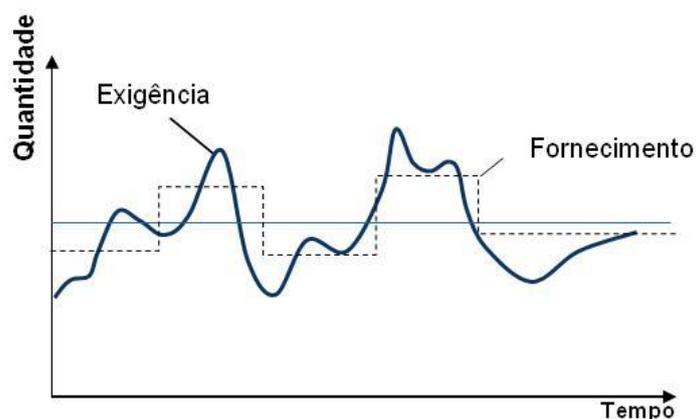


Figura 18 – Plano de Produção separado (Bosch 2010m)

Além da coerência nos processos produtivos, o plano nivelado evita trocas frequentes na produção de quantidades e modelos. Desta forma, a produção nivelada contribui para o processo de melhoria contínua (Bosch, 2010m).

4.1.2.9 Sistema *Kanban*

Através da aplicação do princípio de puxar, surge o processo de controlo da atividade produtiva, que pode ser realizada de duas formas, a produção sincronizada ou o controlo por consumo. Este último envolve várias técnicas, tais como o sistema de *Kanbans* ou o sistema de duas caixas. O ideal seria que a produção se desenvolvesse de uma forma sincronizada, no entanto esta situação acarreta enormes custos com os equipamentos, assim a solução adotada pelo BPS é o sistema de *Kanbans*.

O sistema *Pull* envolve o despoletar de um novo processo de produção de uma determinada peça no posto de trabalho antecedente da cadeia de valor, no entanto esta só é despoletada quando o processo a jusante recolhe uma peça. Deste modo, o sistema desenvolve um mecanismo de puxar baseado nas exigências do cliente, desde a entrega do produto ao cliente até ao pedido de materiais ao armazém, designado por sistema de *Kanbans*.

O sistema em questão funciona num circuito fechado de controlo entre o cliente e a secção de produção. Caso o cliente e a secção de produção se encontrem distantes recorre-se à utilização de dois cartões, *Kanban* de transporte e *Kanban* de produção.

O circuito funciona segundo os passos enumerados:

- Inicialmente o cliente retira determinada quantidade do supermercado, utilizando um cartão de transporte;

- Os *Kanbans* de produção presentes nos *containers* cheios, que serão levados para o cliente, são removidos e colocados na caixa de recolha de cartões;
- Após o consumo dos *containers* pelo cliente, estes retornam para o fornecedor;
- O cliente ao retirar a mesma quantidade do supermercado do fornecedor, pode-se dizer que as encomendas de produção são despoletadas em intervalos regulares;
- Posteriormente, os *Kanbans* de produção, que se encontravam na caixa de recolha de cartões, são colocados nos *containers* vazios para que a produção daquele produto naquela quantidade seja produzido.
- No final da produção desejada os *containers* são transportados para o supermercado, juntamente com os *Kanbans* de produção.

Para a introdução do sistema de *Kanbans* é necessário ter em atenção alguns requisitos como: a) as encomendas serem iguais e constantes, com um possível desvio de 20%; b) alto grau de segurança do produto; c) alto nível de qualidade das peças utilizadas; e d) tempos de *set-up* moderados bem como trabalhadores qualificados.

No que concerne ao cálculo do número de *Kanbans* Monden (1997) fornece a forma de cálculo do número de *Kanbans* para lotes de grande dimensão, conforme a Equação 4.

Equação 4

$$N^{\circ} \text{ Kanbans} = \frac{\text{tamanho do lote económico} + (\text{procura diária} \times \text{coeficiente de segurança})}{\text{Capacidade do container}}$$

4.1.2.10 Sistema *e-kanban*

O sistema *Kanban* tradicional seguindo os passos descritos anteriormente acarreta desvantagens, na medida em que a perda de cartões, decorrente do transporte destes para o supermercado e para a linha, corresponde a uma perda na produção e conseqüente falta de abastecimento aos clientes.

Com o intuito de contornar o problema da perda de cartões, desenvolveu-se um sistema de *Kanbans* eletrónico, no qual não existem cartões físicos. Neste sentido a perda de cartões não ocorrerá.

Os *e-kanbans* já existem na *Bosch Car Multimedia*, mas apenas são utilizados pelo Departamento de Logística para colocar as encomendas junto dos fornecedores utilizando o sistema SAP. O sistema e-Kanban usado na Logística está ilustrado na Figura 20.

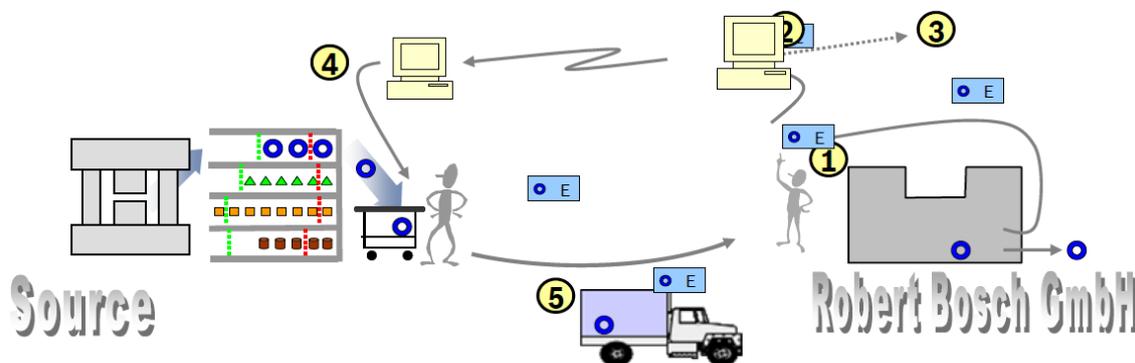


Figura 19 – Exemplo do funcionamento do *e-Kanban* entre a *Robert Bosch* e seus fornecedores (Bosch,2011a)

Conforme ilustrado, à medida que os produtos são enviados aos clientes é gerada uma necessidade de produção de mais produtos, o que se traduz em necessidades de materiais provenientes de diversos fornecedores. Assim, a necessidade de reposição de determinadas quantidades para cada um dos materiais é despoletada através do envio de um *Kanban* eletrónico para cada um dos fornecedores. Estes, por sua vez, fazem a reposição dos materiais efetuando o fornecimento nas exatas quantidades que estão estipuladas no *Kanban*.

Tal como o sistema de *Kanbans* tradicional, este também apresenta os mesmos elementos, tais como a caixa de construção de lote, o sequenciador de produção (régua horária), entre outros, que se apresentam em seguida (Bosch,2011a).

Cartão *Kanban*

Como referido anteriormente o *Kanban* é o cartão utilizado neste sistema, que é um cartão eletrónico. De forma similar ao cartão físico este também apresenta as quantidades e as referências a produzir. Estes cartões eletrónicos têm a vantagem de serem *Kanbans* de transporte e de produção ao mesmo tempo.

Quadro de nivelamento

Em conformidade com o quadro de nivelamento do sistema tradicional existe um quadro de nivelamento virtual no qual se encontra a formação dos lotes de produção através do empilhamento dos *e-kanbans* das diversas referências, conforme ilustrado na

Figura 20. O sinal de proibido, que se pode observar na parte inferior de cada coluna, significa que atingida a quantidade de cartões da referência, o lote está formado.



Figura 20 – Esquema do Quadro de Formação de Lote virtual vazio

Depois de formados os lotes no quadro de nivelamento, os e-kanbans são enviados para uma caixa de recolha de cartões.

Caixa de recolha de cartões

A caixa de recolha de cartões é o local onde os cartões são depositados após o lote de uma dada referência estar formado. Essa caixa não será visível no monitor da linha de inserção de componentes, pelo que só será vista pelo planeador aquando da realização de ajustes à produção, caso estes sejam necessários.

Régua horária ou sequenciador de produção

Às 0 horas de todos os dias os lotes que se encontram na caixa de recolha de cartões são enviadas para a régua horária, ou sequenciador de produção para que a produção inicie. A sequência dos lotes respeita a ordem pela qual foram formados no quadro de nivelamento. A partir das 22 horas cessa a produção das referências A's, iniciando-se a produção de produtos C. Na Figura 21 pode observar-se um exemplo de régua horária utilizada no sistema *e-Kanban*. Tal como o quadro de nivelamento da

produção, o sequenciador de produção também se encontra visível no monitor da linha de inserção de componentes.

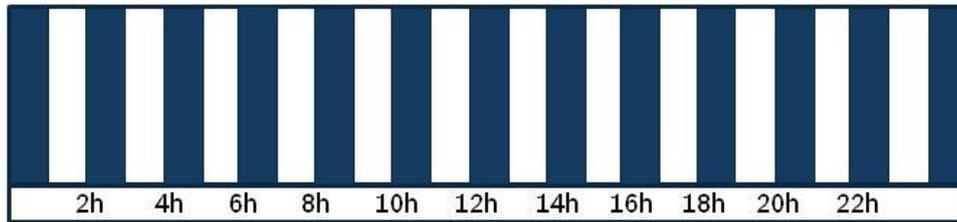


Figura 21 – Esquema da régua horária ou sequenciador de produção

4.2 Descrição do Sistema Produtivo

A *Bosch Car Multimedia S.A.* possui dois tipos básicos de processos produtivos:

a) montagem de placas de circuitos impressos (PCB); e b) montagem do produto final.

“As placas de circuito impresso são placas não condutoras, de suporte, com espessura entre 1,5 e 2 mm, que contêm trilhas de material condutor. Cada placa é diferente da outra, uma vez que os projetos das posições dos componentes eletrônicos são diferentes conforme as funções a que estão designados.”

(Bosch, 2010b)

No início do processo produtivo a matéria-prima é rececionada e controlada. Posteriormente é desembalada, identificada e lançada em armazém para posterior utilização na produção em MOE1 e MOE2, inserção automática e montagem manual, respetivamente.

Em MOE1 realiza-se a Inserção Automática, que utiliza tecnologia avançada para a inserção automática de componentes eletrônicos nas placas de circuito impresso (PCB). Estas placas podem passar pelos três processos da inserção automática ou só por alguns deles. As placas podem ser processadas pelos processos de *Reflow*, Radial e Face B. Na Figura 22 ilustra-se o fluxo produtivo das placas de “Sensores”, desde o supermercado à montagem final. A Figura 22 ilustra todo o processo com a operação única de *Reflow*. O fluxo produtivo é análogo para as restantes operações, Radial e Face B.

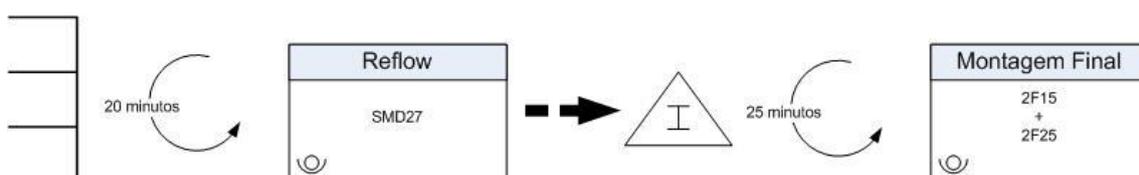


Figura 22 – Esquema dos problemas entre a linha SMD27 e as células 2F15 e 2F25

O processo de *Reflow*, representado na Figura 23, corresponde à colocação de uma pasta de solda na face A da placa, com o auxílio de máscara de impressão. Após a inserção dos SMD's (*Surface Mount Devices*) e dos IC's (*Integrate Component*), as placas entram numa estufa à temperatura de 250°C, onde a pasta de solda é liquefeita permitindo a solda dos componentes inseridos.

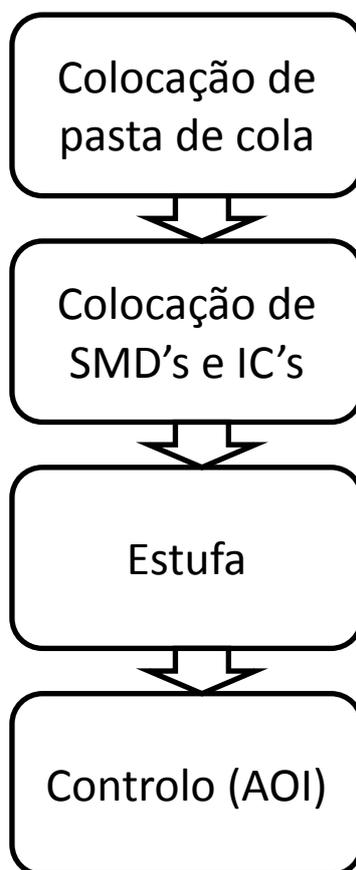


Figura 23 – Sucessão de passos no Processo de *Reflow*

Depois do processo descrito realiza-se a inspeção visual e automática, AOI, das placas dos rádios, na qual se verifica a qualidade da solda. Caso a solda não se encontre conforme, as placas são enviadas para a retificação de soldas. Se as placas estiverem conformes inicia-se o processo seguinte, a Inserção Radial, que consiste na inserção de componentes ainda maiores do que aqueles inseridos no processo de *Reflow*.

Por último, as placas sofrem o processo de Face B. Neste processo, alguns pontos de cola são aplicados nos locais determinados para os componentes. Posteriormente as placas são enviadas para uma estufa à temperatura de 140°C, onde ocorre a colagem dos componentes à placa, conforme ilustrado na Figura 24.

Se as placas precisarem de componentes que não podem ser inseridos automaticamente, devido aos seus formatos ou às características das máquinas existentes, as placas são encaminhadas para a montagem manual. Após a inserção desses componentes as placas são conduzidas para a máquina de solda dependendo do tipo de soldadura que se pretende. No final deste processo procede-se ao controlo visual através de AOI.

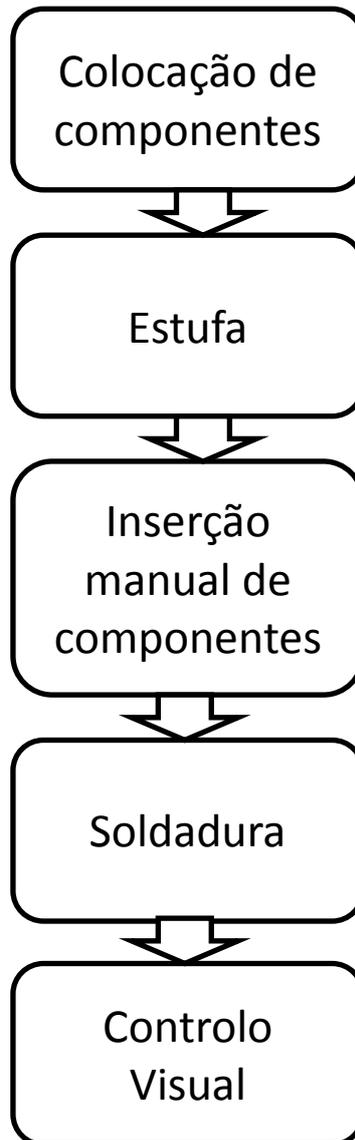


Figura 24 – Sucessão de passos na Face B

Em MOE 2 ocorre o controlo do auto rádio, precedendo a montagem final. Este controlo é realizado em dois parâmetros: a) *Start-up* – pré-programação do rádio, isto é, programação de vários dados do rádio; e b) *Afinação - Alta-Frequência* – conjunto de todas as operações de ajuste de parâmetros de radiofrequência de um aparelho. Em

seguida as placas são montadas, com a colocação de vários componentes como blendas, elementos de suporte, tampas entre outros e depois etiquetadas. Posteriormente os aparelhos sofrem um controlo objetivo, sendo que alguns aparelhos são colocados no *burn-in*, para se realizar o teste das suas funções a temperaturas que rondam os 60°C.

Na Figura 25 ilustram-se todos os passos das operações realizadas em MOE2 explicados anteriormente. Também é possível verificar que as placas que não são aceites nos processos de verificação, são enviadas para reparação e depois retornam ao *Start-up*.

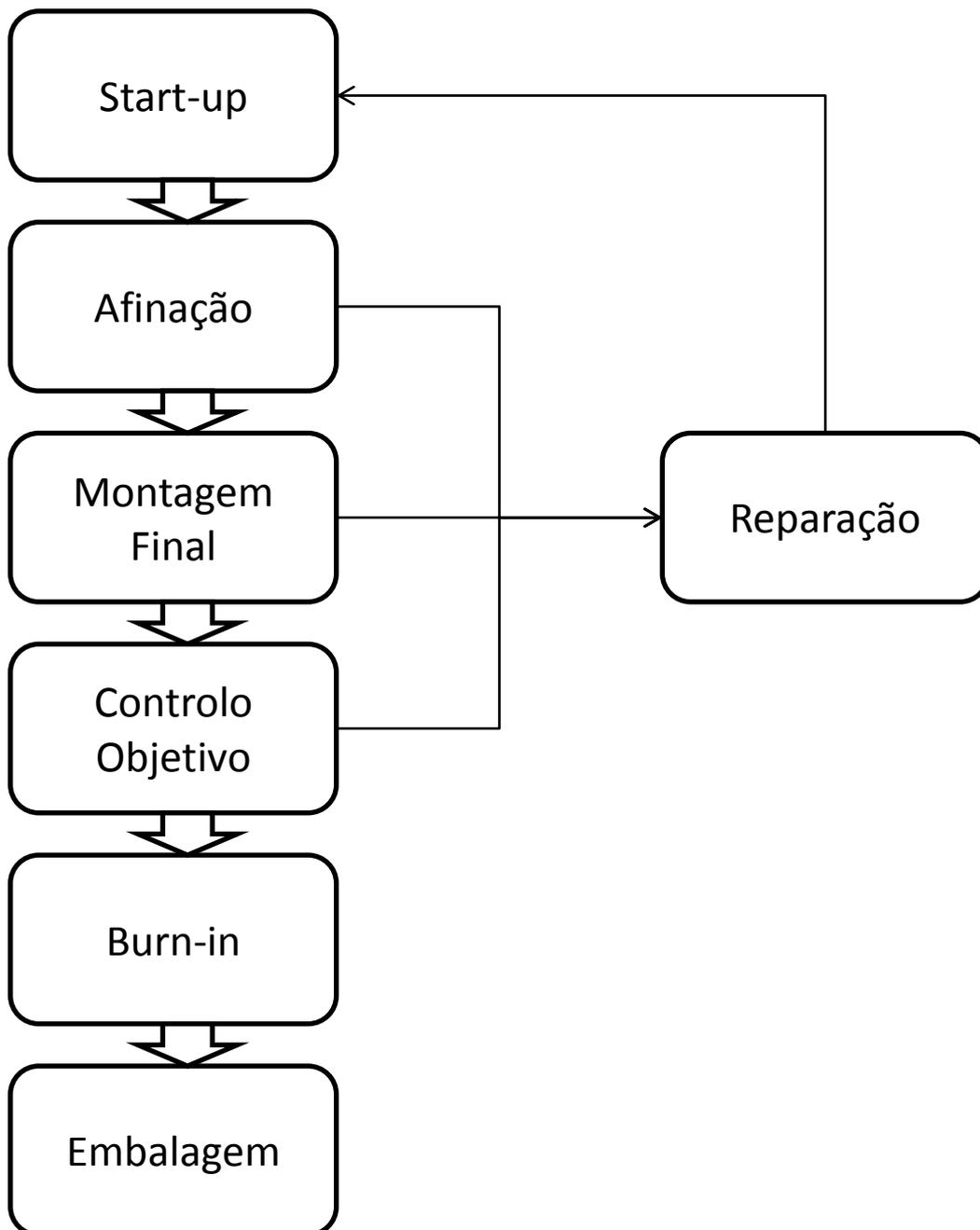


Figura 25 – Processo de Montagem Final

As placas necessárias para o rádio em MOE2 são transportadas em *containers* do parque de máquinas da Inserção Automática (IA), por um veículo designado por *milkrun*. Para além do *milkrun* da IA, existe outro *milkrun*, que realiza o transporte dos componentes para os vários processos existentes na fábrica, designados por *milkrun* logístico, uma vez que este pertence ao departamento de Logística.

No piso 1, as ordens de produção são desencadeadas por um sistema *Kanban* que dá origem a um plano de *Levelling*, o qual é enviado para MOE1. Estes planos de *Levelling* funcionam como pedidos do cliente e desencadeiam o planeamento diário das várias linhas de Inserção Automática (IA). Ao proceder-se ao planeamento, está-se perante uma produção empurrada, a qual acarreta diversos problemas na produção.

Após a produção dos PCB's, estes são colocadas num local de armazenamento intermédio. Este é constituído por várias estantes, as quais se dividem em 3 níveis de 10 rampas. Cada rampa é identificada com o número da referência que lá é colocada. A produção planeada, a armazenar pode exceder a quantidade definida da rampa, podendo ser ocupadas rampas imediatamente a seguir, ou rampas que estiverem desocupadas. Deste modo, o armazém de inventário que a organização possui, ao qual designam por supermercado, não corresponde ao conceito teórico de um supermercado.

No *Value Stream Mapping* (VSM) do Anexo 4, apresenta-se de uma forma gráfica o sistema produtivo descrito anteriormente, bem como os problemas encontrados na cadeia de valor da família de produtos “Sensores”.

Depois de um estudo aos vários problemas, propuseram-se possíveis melhorias, as quais são enunciadas na Tabela 1. A realização do *Value Stream Design* (VSD) do Anexo 5, tem por base estas mesmas propostas de melhoria.

Tabela 1 – Problemas e Melhorias

Problemas apurados do VSM		Melhorias a implementar	
1	Não existência de um Sistema Pull	1	Implementação do sistema Pull
2	Falta de nivelamento	2	Realização do balanceamento das linhas
3	Rota dos Milk Run internos não normalizada	3	Normalização das rotas dos Milk Run
4	Não existência de supermercado	4	Implementação de Supermercado

A implementação do sistema puxado entre a SMD27 e as linhas de Montagem Final traria vantagens ao nível do planeamento da linha, uma vez que a linha produziria as quantidades que seriam retiradas do supermercado. Para que isto fosse possível, todas as restantes propostas de melhoria, apresentadas na Tabela 1 teriam de ser implementadas.

Conforme descrito anteriormente não existe um supermercado, entre os processos que ocorrem na SMD27 e as células 2F15 e 2F25. Desta forma, as referências necessárias na montagem final não são facilmente identificadas e não se conhecem as quantidades exatas das mesmas.

5 Dimensionamento do Sistema de *Kanbans*

No final do capítulo anterior, foram diagnosticados os principais problemas do sistema produtivo atual, verificando-se a necessidade de implementar um sistema *Pull*, o qual permitiria contribuir para a resolução da maioria dos problemas enunciados na Tabela 1. O sistema *Pull* permite o controlo de consumos através de circuitos de *Kanbans*. Estes estabelecem o balanço entre o consumo de produtos e o reaprovisionamento de materiais.

Após confirmação das encomendas por parte dos clientes, as mesmas têm de ser obrigatoriamente cumpridas. No entanto, os parâmetros de produção podem ser ajustados, de forma a possibilitar a redução de desperdício.

Neste capítulo procede-se ao dimensionamento do sistema de *Kanbans* para a família de produtos “Sensores” na linha de inserção automática SMD27 e células de montagem final 2F15 e 2F25.

5.1 Análise do espectro de produtos

Na análise do espectro de produtos da mesma família, estes são divididos em produtos correntes e exóticos, respetivamente produtos A e produtos C. Os produtos correntes correspondem a 70% do volume da procura da família de produtos em análise enquanto que os restantes 30% dizem respeito aos produtos exóticos. Na Figura 26 pode-se verificar a divisão de uma família de produtos em produtos A e C. Como o gráfico indica os produtos A são aqueles que apresentam maior quantidade por mês e maior percentagem acumulada.

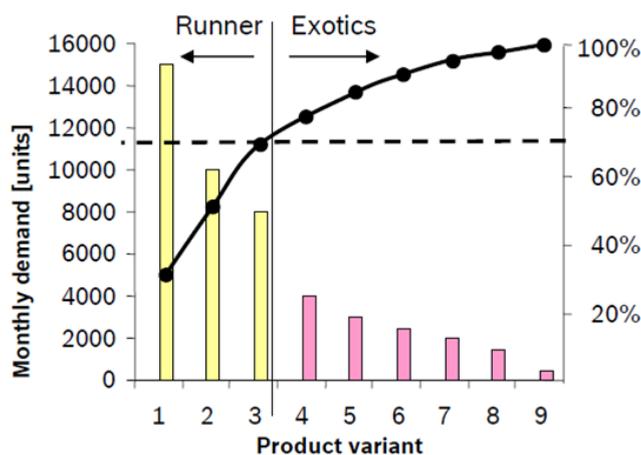


Figura 26 – Gráfico da Análise de Pareto realizada a uma dada família de produtos (Bosch, 2011a)

Os produtos classificados como correntes são produtos fabricados diariamente, enquanto que os restantes são produzidos esporadicamente. O cálculo do número de *Kanbans* é realizado apenas para os produtos A's. Os produtos exóticos, são produzidos no dia anterior ao seu consumo, de modo a evitar a existência de *stock* destes produtos no supermercado.

No sentido de classificar os produtos “Sensores” e conhecer quais os produtos relevantes no cálculo do número de *Kanbans* que existirão no sistema construiu-se a Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação dos Produtos

Produto	Qtd. Outubro	%	% Acumulado	Classificação
8638548979	66560	31.20%	31.20%	A
8613340324	72648	34.05%	65.25%	A
8613340342	31256	14.65%	79.90%	A
8613340341	24480	11.47%	91.38%	A
8613340291	16896	7.92%	99.30%	C
8613340332	704	0.33%	99.63%	C
8613340349	0	0.00%	99.63%	C
8638561027	500	0.23%	99.86%	C
8638540227	300	0.14%	100.00%	C
8638540395	0	0.00%	100.00%	C
8638541206	0	0.00%	100.00%	C

Da Tabela 2 conclui-se que da família de produtos “Sensores”, dos quais fazem parte 11 produtos, apenas 4 são produtos A. Deste modo, o cálculo dos *Kanbans* incidirá apenas em 4 produtos dos 11 apresentados na tabela.

5.2 Determinação do tamanho do lote

Para a determinação do tamanho do lote de produção é necessário ter em conta dois fatores: (a) determinação da capacidade disponível da linha SMD27 e (b) determinação dos produtos produzidos na linha SMD27.

5.2.1 Determinação da Capacidade Disponível da linha SMD27

A determinação da capacidade disponível da linha SMD27 é calculada considerando diversos fatores, tais como as perdas técnicas e organizacionais e as perdas devido a paragens planeadas bem como as perdas de tempo decorrentes do *changeover*. Estas últimas já se encontram contabilizadas no cálculo do OEE, contudo, outras perdas têm de ser consideradas como as perdas de mudança de ferramenta. Estas não devem ser contabilizadas para os cálculos da capacidade, uma vez que são deduzidas da capacidade disponível. Para um melhor entendimento dos cálculos que têm de ser realizados para o cálculo da capacidade requerida apresenta-se a Figura 27.

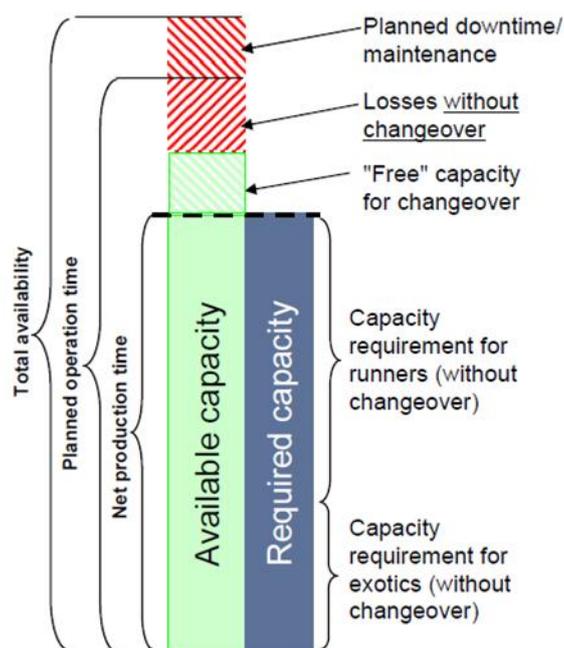


Figura 27 – Esquema do cálculo da capacidade requerida (Bosch, 2011a)

O recurso em estudo, isto é, a SMD27 tem um tempo de produção disponível de 1440 minutos, correspondendo a 3 turnos diários de 8 horas. Este tempo de produção, internamente, é designado por “tempo de abertura da linha”. Como explicado anteriormente existem perdas, as quais não permitem a utilização a 100% deste tempo devido às perdas relacionadas com as paragens planeadas, como é o caso das manutenções preventivas, manutenções autónomas e outras. Estas paragens quando

juntas correspondem a 4 horas de paragem da linha, numa semana. O que traduzido em paragens planeadas médias diárias se cifram em cerca de 34 minutos.

O *Planned Operation Time* (POT) consiste no tempo disponível para produção diária. Deste modo, o POT corresponde ao tempo de abertura da linha subtraído do tempo de paragens planeadas (ver Equação 5).

Equação 5

$$\text{POT} = \text{tempo de abertura da linha} - \text{paragens planeadas}$$

$$\text{POT} = 1440 \text{ minutos} - 34 \text{ minutos}$$

$$\text{POT} = 1406 \text{ minutos}$$

O *Planned Operation Time* da SMD27 é, portanto, em média, 1406 minutos por dia.

Após o cálculo do POT é necessário efetuar o cálculo do NET, o qual representa o tempo real de produção do equipamento, uma vez que contabiliza o tempo despendido nas perdas de qualidade, de desempenho e de disponibilidade. Todos os tempos referidos anteriormente são contabilizados no cálculo do OEE, e por consequência a fórmula para o cálculo do NET obtém-se multiplicando o POT pelo OEE conforme a Equação 6.

Equação 6

$$\text{NET} = \text{POT} \times \text{OEE}$$

O OEE é calculado, diariamente e em cada turno para a linha SMD27, e os respetivos resultados posteriormente analisados. Neste sentido, efetuou-se uma análise aos OEE obtidos na linha SMD27 durante três meses. Este trabalho está documentado no Anexo 6 sob a forma de tabelas de OEE mensais referentes aos meses de Julho, Agosto e Setembro. Foi efetuada a média do OEE diário, mensal e do OEE médio global para o período em questão. O OEE médio mensal variou entre 88,80%, no mês de Agosto e os 93,02%, no mês de Julho. O OEE médio global foi de 90,93%. Foi construído um gráfico de frequências de OEE que se encontra ilustrado no gráfico da Figura 28.

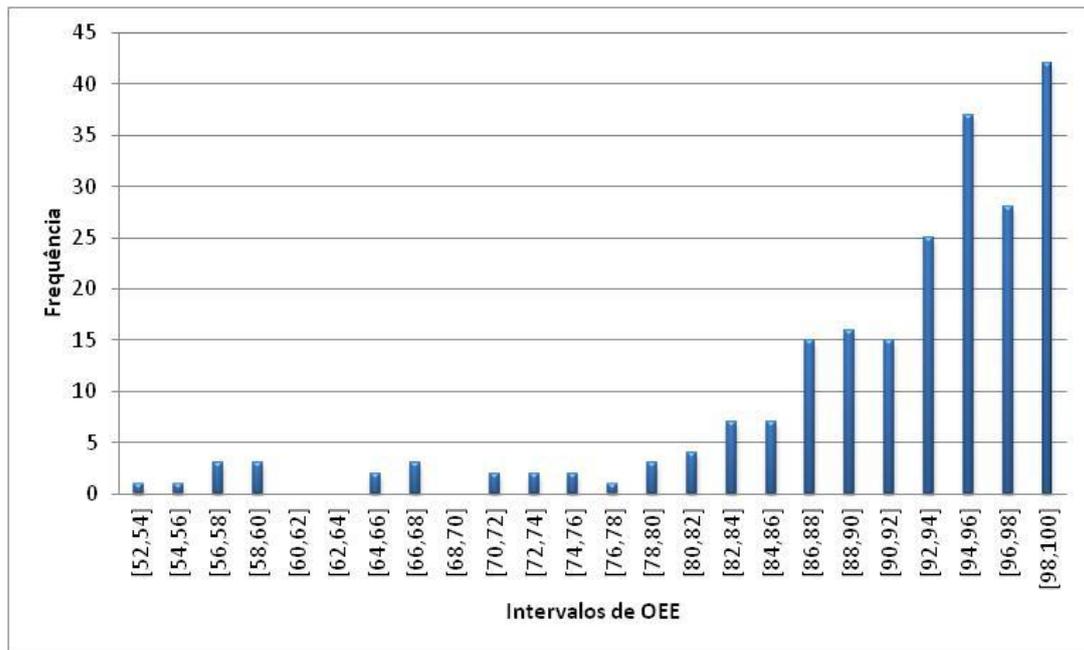


Figura 28 – Gráfico da frequência de intervalos do OEE

No gráfico é possível verificar qual a maior frequência dos intervalos de valores de OEE, Efetuou-se a média ponderada destes valores, o qual resultou no valor de 90,63%. Este valor está em linha com o resultado obtido anteriormente no cálculo do valor médio do OEE no período em questão (90,93%). O cálculo do NET resulta em 1274 minutos conforme ilustrado a seguir.

$$\text{NET} = 1406 \text{ minutos} \times 90,63\%$$

$$\text{NET} \sim 1274 \text{ minutos}$$

O tempo realmente disponível da linha SMD27 para a produção será, então de 1274 minutos.

5.2.2 Determinação dos Produtos a serem produzidos na SMD27

Numa primeira fase é necessário conhecer os pedidos do cliente para um dado período de tempo, neste caso o mês. Na Tabela 3 apresentam-se as quantidades pedidas pelo cliente, no mês de Outubro de 2011. A quantidade diária é calculada pelo rácio das quantidades do mês e o número de dias de trabalho. Os dias de trabalho que serviram de base para o cálculo das necessidades diárias foram os dias de trabalho da montagem final, isto é, as células de montagem final 2F15 e 2F25. Estas células apenas trabalham durante os dias úteis de cada mês. No caso do mês de Outubro de 2011, as células trabalharam 20 dias úteis. Ao considerar a quantidade diária determina-se a quantidade que a linha SMD27 terá de produzir todos os dias, de modo a garantir a existência de

placas de “Sensores” em quantidade suficiente para as necessidades das células de montagem final.

Tabela 3 – Quantidades diárias do mês de Outubro

Produto	Qtd. Outubro	Qtd. dia
8638548979	66560	3328
8613340324	72648	3632
8613340342	31256	1563
8613340341	24480	1224
8613340291	16896	845
8613340332	704	36
8613340349	0	0
8638561027	500	25
8638540227	300	15
8638540395	0	0
8638541206	0	0

Para a verificação da capacidade da SMD27 para a produção das referências em questão é necessário o estudo dos tempos de *changeover*. Desta forma, no Anexo 7 encontra-se uma tabela que indica os tempos *standard* de *changeover* entre os vários produtos. Com ajuda dessa tabela e da Tabela 3 foi possível construir-se o gráfico de capacidade da linha SMD27 apresentado no Anexo 8.

Os dois pontos visualizados no gráfico correspondem ao POT e ao NET, com os quais é possível inferir sobre a capacidade da linha em estudo. Neste sentido, a SMD27 tem capacidade não só para produzir a família dos 11 PCB's mencionados, todos os dias, como também pode produzir outros produtos.

O EPEI, *Every Part Every Day*, corresponde ao intervalo de tempo entre o qual os produtos A são produzidos na SMD27. Como se pode verificar pelo gráfico da capacidade, os produtos correntes podem ser produzidos todos os dias, traduzindo-se no EPEI de 1. Para um melhor entendimento em que consiste o EPEI apresenta-se a Figura 29. Nesta visualizam-se 3 gráficos, possuindo cada um deles um EPEI diferente. Considerando uma semana de 5 dias de trabalho verifica-se que no primeiro gráfico o EPEI tem o valor de 5. O que se traduz na produção de um determinado produto em dado dia, correspondente às necessidades semanais do cliente, que só uma semana depois voltará a ser produzido de novo. No segundo gráfico o EPEI apresenta o valor de 1, o que por sua vez se traduz na produção diária dos produtos, em dada sequência. Por último, o EPEI de 0,5 corresponde à produção diária repartida em duas produções diárias no recurso, na mesma em dada sequência.

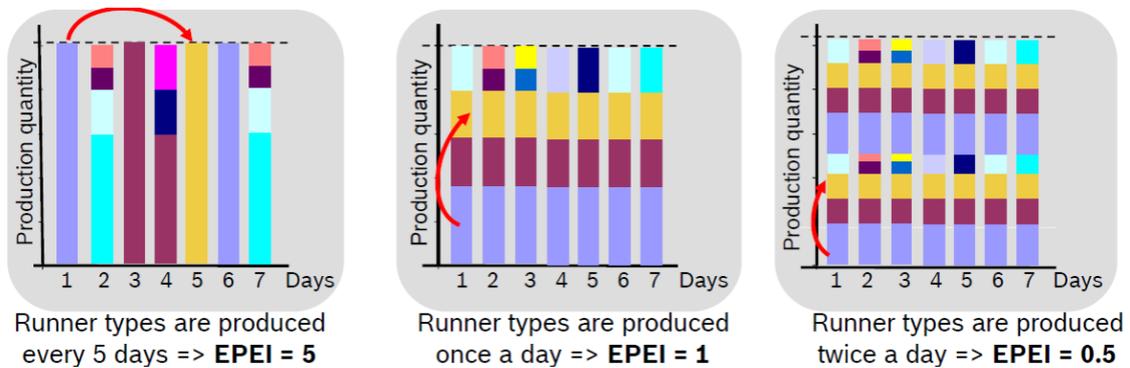


Figura 29 – Esquema do EPEI (Bosch, 2011a)

O tamanho do lote é também influenciado pelo EPEI, sendo neste caso o EPEI igual a 1, o tamanho de lote para os produtos A, são apresentados na Tabela 3, nas 3 primeiras linhas.

5.3 Período de Planeamento

O período de planeamento apresenta dois aspetos a ter em conta: o horizonte de planeamento e o período de nivelamento.

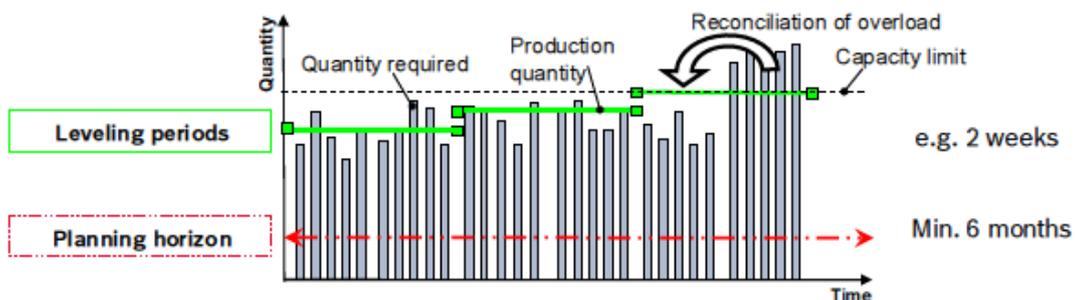


Figura 30 – Período de planeamento e período de nivelamento (Bosch, 2011a)

Na Figura 30 consegue-se perceber que o horizonte de planeamento, representado pela linha vermelha, corresponde a um tempo mais prolongado, com um mínimo de seis meses. Enquanto que o período de nivelamento traduz-se num tempo mais curto, por exemplo duas semanas, representado na figura pelas linhas verdes.

No caso do sistema *Kanban* o horizonte de planeamento corresponde a seis meses e o período de nivelamento corresponde a uma semana.

5.4 Número de *Kanbans* no Circuito

Num dado período de tempo, o número de *kanbans* que devem circular dentro do circuito de controlo deve ser definido. Este número é calculado através da fórmula da *Bosch*, Equação 7, tendo por base os parâmetros do circuito e do cliente.

Este cálculo é realizado individualmente para cada referência e apenas é válido para os parâmetros utilizados como base. Caso estes parâmetros se alterem é necessário refazer os todos os cálculos.

Equação 7

$$K = RE + LO + WI + SA$$

A primeira parcela, RE, diz respeito à cobertura do tempo de reaprovisionamento, isto é o tempo decorrido desde que um *Kanban* é retirado do supermercado até que este reentra no supermercado, após ser produzido. O LO consiste no tamanho do lote que será produzido. A terceira parcela, WI, compreende a remoção planeada do produto por parte do cliente, e por fim o SA corresponde ao tempo de segurança, devido a problemas e a flutuações. Na Figura 31, visualiza-se a fórmula *Kanban* do grupo *Bosch* e a explicação de cada parâmetro.

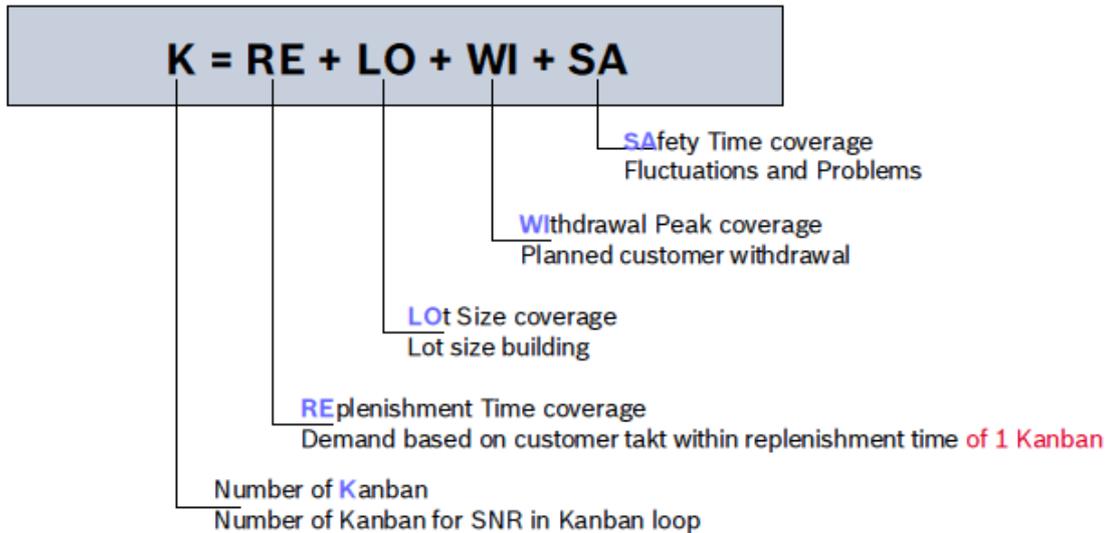


Figura 31 – Fórmula Kanban da Bosch (Bosch, 2011b)

Após a verificação da existência de capacidade do recurso é necessário proceder-se ao cálculo do número de *Kanbans* pela Equação 7, a fórmula *Kanban* da Bosch. Os cálculos efetuados para todos os parâmetros são apresentados de seguida.

Equação 8

$$RE = \frac{PR \times RT_{loop}}{POT \times NPK}$$

A Equação 8 mostra o cálculo do *RE*, que é realizado pela divisão entre a multiplicação da procura diária, *PR*, pelo tempo de reaprovisionamento do circuito de *Kanbans*, RT_{loop} , e a multiplicação do *POT* pelo *NPK* (*Number Per Kanban*), isto é, o número de peças por *Kanban* definido à priori para cada tipo de produto. Apenas o RT_{loop} ainda não foi calculado, sendo assim, apresenta-se a Equação 9.

Equação 9

$$RT_{Loop} = RT_1 + RT_2 + RT_3 + RT_4 + RT_5 + RT_6$$

Os parâmetros da Equação 9 são apresentados, em esquema, na Figura 32. Assim, o RT_1 diz respeito não só ao tempo de transporte do lote para a linha, como se visualiza na figura como também corresponde ao de formação do lote na caixa de recolha de cartões. Por sua vez o RT_2 corresponde ao tempo de espera do lote no sequenciador de produção da linha SMD27. O parâmetro RT_3 diz respeito ao tempo de preparação do lote, isto é, o tempo despendido na chegada dos materiais necessários

para a realização de dado lote de produção, por outras palavras o tempo que o *Milk Run* do armazém de SMT's demora a colocar a matéria prima na linha SMD27. Por sua vez, o RT_4 corresponde ao tempo de mudança da ferramenta na linha SMD27, isto é, o tempo de *changeover*. O RT_5 diz respeito ao tempo de processamento do lote, ou seja, é definido pelo tempo empregue na produção de dado lote na linha SMD27. Por fim, o RT_6 consiste no tempo gasto no transporte do lote produzido para o supermercado.

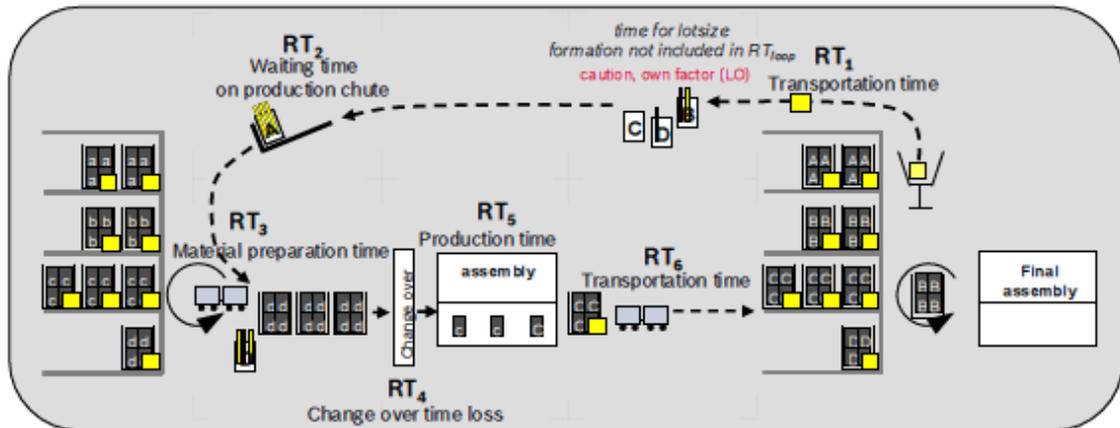


Figura 32 – Esquema dos parâmetros necessários no cálculo de RE (Bosch, 2011b)

Após um determinado período de tempo a observar o sistema produtivo foi possível retirar os dados necessários para o cálculo do RT_{Loop} para uma dada referência. Aplicando a Equação 9 temos:

$$RT_{Loop} = 562 + 817 + 5 + 20 + 14,5 + 1$$

$$RT_{Loop} = 1425 \text{ minutos}$$

Aplicando agora a Equação 8 obtemos:

$$RE = \frac{3328 \times 1425}{(1274) \times 80}$$

$$RE = 47 \text{ kanbans}$$

O valor calculado através da Equação 8 indica o número de *Kanbans* que devem ser colocados no supermercado após a construção do lote de uma referência.

A parcela *LO*, corresponde ao número de *Kanbans* necessários para cobrir o tamanho do lote. Assim pela Equação 10 tem-se:

Equação 10

$$LO = \frac{LS}{NPK} - 1$$

O LS , *Lot Size*, consiste no tamanho do lote de produção de cada referência. Este parâmetro pode ser calculado pela

Equação 11

$$LS = \frac{\text{Volume de produção dos produtos A's}}{\text{Número de mudanças dos produtos A's}}$$

No entanto, ao considerar a Equação 11 o tamanho dos lotes dos produtos ficaria enorme, maior que a quantidade necessária diária de cada um deles. Assim, o tamanho dos lotes dos produtos é calculado através da procura diária. De seguida, apresenta-se o cálculo do LO , para uma dada referência. O NPK corresponde ao número de placas por *Kanban* da mesma referência.

Na Tabela 4 apresentam-se as quantidades contidas nos *containers* de cada referência, o NPK .

Tabela 4 – Quantidades Standard nos *containers* das referências A's

Referência	NPK
8638548979	80
8613340324	120
8613340342	160
8613340341	80

Com os dados da tabela 3 e os da tabela 4 calcula-se o tamanho do lote (LO) usando a Equação 10, por exemplo para a referência 8638548979.

$$LO = \frac{3328}{80} - 1$$

$$LO = 41 \text{ kanbans}$$

O parâmetro WI , consiste no número de *Kanbans* necessário de forma a cobrir uma quantidade maior de produto removido pelo cliente, sendo este parâmetro calculado através da seguinte equação:

Equação 12

$$WI = \frac{WA}{NPK} - RE - LO$$

O parâmetro WA , na equação anterior, significa a quantidade removida pelo cliente todos os dias. Caso o resultado da equação seja inferior a 1 o WI não é contabilizado para o cálculo do número de *Kanbans*, passando a ter o valor zero.

Aplicando a Equação 12 ao caso da referência 8638548979, obtém-se:

$$WI = \frac{3328}{80} - 47 - 41$$

$$WI = -46,4 \text{ kanbans}$$

Conforme explicado anteriormente, como o valor obtido é negativo, este não é contabilizado para o respetivo cálculo, ou seja assume-se que:

$$WI = 0$$

Finalmente, para aplicar a Equação 7 é ainda necessário calcular o valor de SA . Este é dado pela soma de 3 fatores de segurança SA_1 , SA_2 e SA_3 como pode ser visto na Equação 13.

Equação 13

$$SA = SA_1 + SA_2 + SA_3$$

Cada uma das parcelas é calculada pelas seguintes equações:

Equação 14

$$SA_1 = \frac{WA_{ext} - WA}{NPK} + \frac{WA}{NPK} \times \frac{(sucata \% + retrabalho \%)}{100}$$

Equação 15

$$SA_2 = \frac{WA}{NPK} \times \frac{desvio \%}{100}$$

Equação 16

$$SA_3 = \frac{\text{Quantidade adicional}}{NPK}$$

Os passos que se seguem referem-se aos parâmetros necessários no cálculo de SA_1 . Deste modo, calcula-se o WA_{ext} que é dado pela quantidade que poderia ser produzida, caso o OEE da MF fosse 100%. Como esta situação é bastante difícil de encontrar o WA_{ext} é calculado pela Equação 17.

Equação 17

$$WA_{ext} = WA + \frac{\text{tempo perdido pelo OEE}}{TC_{MF}}$$

$$WA_{ext} = 3328 + \frac{1406 \times (1 - 0.90626)}{0.135}$$

$$WA_{ext} = 4304 \text{ placas}$$

Na Tabela 5 apresentam-se os valores de sucata das referências A's. Os valores de retrabalho para todos os produtos são iguais a zero, uma vez que nos produtos "Sensores" não é possível efetuar retrabalho.

Tabela 5 – Percentagem de Sucata dos produtos A's

Referência	% Sucata
8638548979	0.6%
8613340324	2.61%
8613340342	2.31%
8613340341	8.99%

Assim,
$$SA_1 = \frac{4304-3328}{80} + \frac{3328}{80} \times \frac{(0.6\%+0\%)}{100}$$

$$SA_1 \approx 13 \text{ kanbans}$$

Para o cálculo do SA_2 é necessário ter em atenção o cálculo do desvio do cliente. O desvio do cliente corresponde à diferença entre a quantidade que se espera que este remova e a quantidade que o cliente efetivamente remove. As diferenças entre estas

duas quantidades apresentavam-se de tal forma elevadas que surgiam com alguma frequência quebras de *stock* no supermercado, ou em sentido inverso, uma grande quantidade em *stock*. Portanto, existe um problema de nivelamento na produção.

Para que o sistema de *Kanbans* funcione é necessário que todo o sistema seja previsível e que as quantidades de segurança existentes em supermercado sejam suficientes para manter o funcionamento de um sistema de *Kanbans*. No entanto no sistema de produção em questão, essas quantidades teriam de ser bastante elevadas, o que conduz ao desperdício de inventário. Pelos motivos apresentados a implementação de um sistema de *Kanbans* é substancialmente mais difícil nestas condições, pelo que seria desejável encontrar uma solução em que os desvios fossem inferiores.

Hipoteticamente se a produção se encontrasse nivelada e o desvio no cliente fosse conhecido, por exemplo igual a 5% para a referência 8638548979, já seria possível estimar SA_2 . No sentido de permitir o cálculo de SA_2 para as referências A foram sugeridos os valores de desvios constantes da Tabela 6.

Tabela 6 – Desvio hipotético do cliente

8638548979	8613340324	8613340342	8613340341
5%	5%	5%	5%

Nestas condições já se poderia efetuar o cálculo do valor de SA_2 pela Equação 15, bem como os restantes parâmetros necessários para o cálculo do número de *Kanbans* em circuito. Assim, aplicando a Equação 15 :

$$SA_2 = \frac{3328}{80} \times \frac{5\%}{100}$$

$$SA_2 \approx 3 \text{ kanbans}$$

Por fim, o SA_3 refere-se a uma quantidade decidida pelo planeador como segurança de *stock*. Isto é, uma quantidade de placas que o planeador julga ser importante ter em supermercado para eventuais problemas que possam surgir. Este valor não tem qualquer fórmula para ser determinado. Logo, tem-se:

$$SA_3 = \frac{160}{80}$$

$$SA_3 = 2 \text{ kanbans}$$

Deste modo,

$$SA = 13 + 3 + 2$$

$$SA = 18 \text{ kanbans}$$

Finalizando todos os cálculos dos diversos parâmetros da fórmula Kanban da Bosch, já é possível efetuar o cálculo do número de cartões que devem circular no circuito de controlo. Portanto, aplicando a Equação 7 à referência 8638548979 obtém-se:

$$K = 47 + 41 + 0 + 14$$

$$K = 102 \text{ Kanbans}$$

Do cálculo anterior conclui-se que o número de cartões que devem circular no sistema, da referência 8638548979, é de 102 Kanbans, o que corresponde, segundo a Tabela 4, a $102 \text{ Kanbans} \times 80 \text{ placas/Kanban} = 8160 \text{ placas}$.

Os cálculos referentes às restantes três referências A, encontram-se no Anexo 9.

5.5 Determinação dos máximos e mínimos no supermercado

Uma das premissas na implementação de um sistema Kanban é a existência de um supermercado. Tal como já referenciado um supermercado é um espaço físico onde se armazena produto final. Este armazenamento só é efetuado para os produtos A e tem quantidades limite na colocação dos mesmos. Neste sentido, é necessário a determinação desses limites: o mínimo e o máximo. Quando a quantidade de uma referência atinge o mínimo indica que é necessário produzir para repor *stock*, ao contrário, quando a quantidade atinge o máximo indica ao fornecedor que não pode produzir mais desse produto.

A quantidade máxima existente em supermercado deriva do cálculo do número de *Kanbans*. E o mínimo é dado pela Equação 7 sem a cobertura do tempo de reaprovisionamento (RE), ou seja é calculado através dos fatores *LO*, *WI* e *SA*. Assim, a Equação 18 mostra como se pode calcular a quantidade mínima em supermercado.

$$Min_{sup} = LO + WI + SA$$

O *stock* em supermercado flutua ciclicamente, dependendo do número total de cartões.

Por via das equações descritas anteriormente calculou-se o número máximo e mínimo de *Kanbans* no circuito. O valor máximo das existências em supermercado foi calculado, anteriormente, na secção 5.4 e o valor mínimo foi calculado através da Equação 18.

Na Tabela 7 e na Tabela 8, apresentam-se a compilação dos valores de máximo e mínimo em supermercado dos produtos A, após a realização dos cálculos. A primeira tabela corresponde ao número de cartões que existirão em circuito e a segunda corresponde ao número de PCB's .

Tabela 7 – Valores do Máximo e Mínimo do supermercado, em *containers*

Referência	Máximo	Mínimo
8638548979	102	55
8613340324	72	43
8613340342	29	19
8613340341	52	35

Utilizando os valores dos NPK's da Tabela 4 obtém-se a tabela seguinte.

Tabela 8 – Valores do Máximo e Mínimo do supermercado, em PCB's

Referência	Máximo	Mínimo
8638548979	7840	4080
8613340324	8640	5160
8613340342	4592	3040
8613340341	4160	2800

5.5.1 Rampas Necessárias em Supermercado

O supermercado é o local onde se armazenam as referências A. Esse armazém na *Bosch Car Multimedia S.A.*, encontra-se estruturado em estantes com três níveis, cada um dos quais, dividido em 10 rampas. Cada rampa tem a capacidade de armazenar 5 *containers*. Assim, na Tabela 9 apresenta-se o número de rampas necessárias para o armazenamento dos *Kanbans* do sistema dimensionado.

Tabela 9 – Número de Rampas necessárias no Armazenamento dos *Kanbans*

Referência	Número de <i>Kanbans</i>	Número de rampas
8638548979	102	20,4 ≈ 21
8613340324	72	14,4 ≈ 15
8613340342	29	5,8 ≈ 6
8613340341	52	10,4 ≈ 11

5.5.2 Regras do supermercado

O abastecimento do supermercado segue algumas regras, que obrigatoriamente têm de ser cumpridas, de modo a assegurar o bom funcionamento do sistema *Kanban*.

A primeira regra que se aponta é a identificação correta dos *containers*, uma vez que se existirem falhas nesta operação põe em causa todo o sistema. A identificação dos *containers* é realizada pelo colaboradores da linha de inserção de componentes, após cada um estar completo.

O *milkrun* interno passa na linha de inserção de componentes em ciclos de 30 minutos, e realiza uma leitura do código de barras com um PDA, o qual lhe devolve o local no qual o *container* deve ser armazenado. Chegado ao local de armazenamento, o *milkrun* realiza mais uma leitura, no código de barras existente no local onde serão colocados os *containers*, procedendo depois ao abastecimento. O abastecimento ocorrerá na parte de trás do supermercado, da direita para esquerda.

Concluída a tarefa do *milkrun* interno, os *containers* aguardam pelo pedido do cliente. Quando este existe o *milkrun* externo tal como o interno realiza duas leituras

nos códigos de barra do *container* e da rampa, indicando ao sistema que aquela quantidade foi removida daquela rampa.

Na parte da frente do supermercado, nas rampas onde se podem encontrar os *containers* estão travadas com umas placas de FIFO (*First in First Out*), as quais estão colocadas nas rampas que ainda não foram consumidas. Assim, só existe uma rampa que é consumida. Apenas no final do consumo da rampa é que se procede ao consumo da seguinte.

O abastecimento do supermercado é sempre realizado pela parte de trás do supermercado, enquanto que a remoção é efetuada pela parte da frente. Quer o abastecimento, quer a remoção é sempre efetuada na rampa mais à direita. Com esta norma só é possível existir uma rampa incompleta.

Se o abastecimento iniciar com as rampas todas vazias, a primeira rampa é preenchida com os *containers* sem a colocação da placa de FIFO, no entanto nas seguintes já terão de ter no início da rampa a dita placa. Deste modo, o *milkrun* externo ao proceder à remoção dos *containers* sabe, mediante a placa, qual a primeira rampa a ser consumida. Como tal, quando iniciar o consumo da segunda terá, como é evidente, de proceder à remoção da placa de FIFO colocando-a no local apropriado.

Os *containers* que abastecem o supermercado encontram-se completos, não existindo assim *containers* incompletos provenientes da linha de inserção de componentes. No entanto, o cliente pode devolver uma determinada quantidade que não perfaça um *container*, levando a que haja *containers* incompletos. Estes serão colocados na rampa que está a ser consumida, e é o primeiro a ser removido quando existirem pedidos daquele determinado produto.

A devolução dos *containers* é realizada pelos *milkruns* externos através do PDA, seguindo a sequência que se descreve: (1) escolhe-se “Devoluções” no PDA; (2) leitura da referência que será devolvida; (3) digita-se a quantidade da referência devolvida; (4) coloca-se o *container* na frente dos restantes *containers* da rampa que está a ser consumida. Aquando da leitura da referência que será devolvida, o PDA retorna a rampa onde será depositado o *container*.

5.6 Funcionamento do Sistema *e-Kanban*

Como já referido anteriormente terá de existir um monitor na linha de inserção de componentes no qual serão apresentados o quadro de nivelamento, a régua horária e

também uma tabela que indicará em tempo real o *stock* daquelas referências em supermercado.

À medida que os *containers* são consumidos pelo cliente, a tabela referente à quantidade existente no supermercado será decrescida e cartões no quadro de nivelamento aparecerão com a cor amarela para a formação do lote. A cor amarela indica que dado *container* foi retirado do supermercado, apesar de ainda não ter sido consumido pelo cliente. Após o consumo o *e-Kanban* muda de cor amarela para verde. Quando todos os cartões referentes àquela referência se encontrarem com essa cor, um lote da mesma referência está formado e é enviado para a caixa de recolha de cartões.

Às 24 horas de cada dia, os lotes da caixa de recolha de cartões são colocados na régua horária até às 22 horas do dia seguinte. A esta hora são colocados em produção os produtos C's necessários para o dia seguinte à produção dos mesmos.

Essa régua horária terá assim uma quantidade de cartões verdes para a produção. À medida que os *e-Kanbans* são produzidos na linha, os cartões na régua horária mudaram para a cor azul, o que indicará que os *containers* estão prontos para serem transportados para o supermercado.

Quando os *containers* são levados para o supermercado, a quantidade na tabela do supermercado é acrescida e os cartões desaparecem do sequenciador de produção.

O transporte dos *containers* para o supermercado e para o cliente é da responsabilidade do *milkrun* interno e externo respetivamente, como se explica mais adiante neste trabalho.

5.6.1 O *e-kanban*

Como já referido previamente os *e-kanbans* mudarão de cor conforme o estado da produção do *container* (ver Figura 33). O *Kanban* verde tem dois significados, quando se encontra no quadro de nivelamento corresponde a um *container* que foi consumido pelo cliente e está à espera de formar lote; quando está na régua horária significa que está à espera de ser produzido.

O *e-kanban* azul indica que dada quantidade já foi produzida e encontra-se à espera de ser levado para o supermercado. Por fim, o cartão amarelo indica que um determinado *container* foi retirado do supermercado, mas ainda não foi consumido pelo cliente.



Figura 33 – Esquema de cores dos Kanbans

5.6.2 Quadro de nivelamento

Foi referido anteriormente que no quadro de nivelamento virtual aparecia a formação dos lotes, deste modo, de seguida apresentam-se algumas figuras que demonstram como se procede à formação dos lotes de produção.

Inicialmente o quadro de nivelamento aparecerá conforme a Figura 34. Nesta pode verificar-se que o quadro se encontra vazio, sem a presença de quaisquer *e-kanbans*.



Figura 34 – Esquema do Quadro de Nivelamento virtual vazio

À medida que os *containers* são retirados do supermercado o quadro vai alterando. Assim, no momento que o *container* é retirado do supermercado, aparece no quadro um *e-kanban* correspondente a uma quantidade retirada mas ainda não consumida. Na Figura 35 visualiza-se o quadro de nivelamento com dois *e-kanbans* amarelos.



Figura 35 – Esquema de Quadro de Nivelamento com *e-Kanbans* amarelos

Após o cliente ter consumido a quantidade que retirou na sua totalidade, os *kanban* passam a ter a cor verde como se pode observar na Figura 36.



Figura 36 – Esquema do Quadro de Nivelamento com *e-Kanbans* verdes

Depois de os lugares no quadro de nivelamento se encontrarem preenchidos com *e-kanbans* verdes, os lotes são enviados para a caixa de recolha de cartões, onde aguardam até às 24 horas daquele dia.

5.6.3 Régua horária

Chegadas as 24 horas, os lotes formados, que se encontram na caixa de recolha de cartões são colocados na régua horária com a mesma sequência de que foram formados. Na Figura 37 observa-se uma régua horária sem qualquer *e-kanban* para produção.

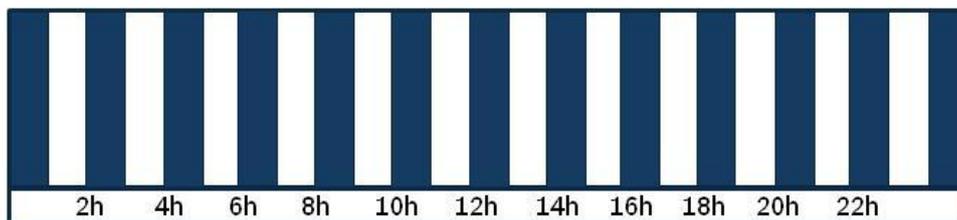


Figura 37 – Esquema da régua horária

Os cartões são colocados na régua como se observa na Figura 38. Após a produção de cada *e-kanban* estes, mais uma vez, alteram a sua cor para azul, indicando que os *containers* se encontram prontos para serem armazenados no supermercado.

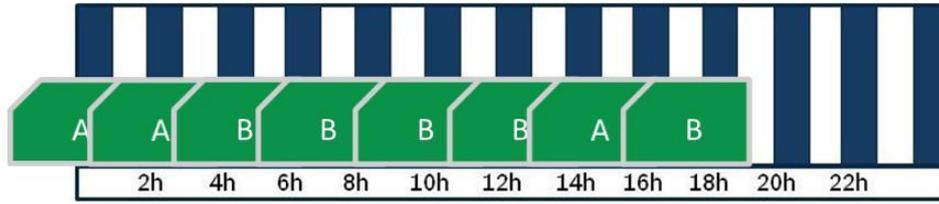


Figura 38 – Régua horária com os *e-kanbans* de produção

6 Análise da proposta

O dimensionamento de um sistema de *Kanbans* na linha de inserção automática SMD27 e as células de montagem final 2F15 e 2F25, é um processo fundamental para a posterior implementação do sistema. Conforme indicado anteriormente, o sistema de *Kanbans* permite alicerçar a transição para um sistema *Pull*, o qual se traduz em ganhos diversos para a organização, nomeadamente os relacionados com a redução de *stocks* em supermercado e conseqüente redução de área ocupada, entre outros. No capítulo 5 foi executado e explicado o processo de dimensionamento do sistema de *Kanbans* para as linhas SMD27 e 2F15/2F25, tendo por base conhecimentos e procedimentos existentes no grupo Bosch.

Com a implementação do sistema de *Kanbans* pretende-se que a informação flua de forma transparente para todos os postos de trabalho envolvidos no sistema, desde o operador da linha de inserção de componentes até ao planeador da linha, passando pelas chefias e clientes. Deste modo o sistema de *Kanbans* vai de encontro aos princípios BPS de transparência e envolvimento dos colaboradores.

No processo de dimensionamento do sistema de *Kanbans* calculou-se as quantidades máximas e mínimas que deveriam estar em supermercado por forma a satisfazer a procura do cliente (neste caso a Montagem Final). Estes valores encontram-se na Tabela 8, que se encontra na secção 5.5. Contudo os valores efetivos das existências em supermercado (contagem real durante o mês de Outubro) são apresentados no Anexo 10. Após compilação dos valores constantes desse anexo foram identificados os valores máximos e mínimos que se apresentam na Tabela 10.

Tabela 10 – Valores máximos e mínimos das existências no mês de Outubro

Produto	Valor Máximo	Valor Mínimo
8638548979	8524	872
8638340324	12108	1152
8638340324	8256	1256
8638340341	3096	0

Como se pode observar os valores contabilizados em supermercado no mês de Outubro para o produto 8638548979 variaram entre o máximo de 8524 unidades e o

mínimo de 872 unidades. Para o mesmo produto e usando o sistema de *Kanbans* dimensionado o valor máximo calculado foi de 7840 unidades. Isto significa que caso o sistema de *Kanbans* fosse implementado haveria uma redução de 684 unidades relativamente ao valor máximo alguma vez registado em supermercado.

Para o mesmo produto e usando o sistema de *Kanbans* dimensionado anteriormente, o valor mínimo calculado foi de 4080 unidades. Isto significa que caso o sistema de *Kanbans* fosse implementado haveria um aumento do valor mínimo em supermercado o que se traduziria numa baixa probabilidade de rutura de *stock*, em oposição à situação atual.

Em termos globais os valores medidos em Outubro e os cálculos efetuados para o mesmo mês possuem uma grande discrepância. Após a análise dos restantes produtos verifica-se a existência de idêntica situação àquela descrita para o produto 8638548979. Estes resultados apontam para amplitudes inferiores nas quantidades das existências em supermercado para o sistema de *Kanbans*, o que sugere algum nível de nivelamento da produção.

Na Tabela 9, a qual se encontra no capítulo 5, apresenta-se o número de rampas necessárias ao armazenamento dos produtos A, calculadas a partir dos dados obtidos no dimensionamento do sistema de *Kanbans*. Mediante os valores indicados na Tabela 10 e com os valores do NPK da Tabela 4 foi possível determinar as rampas efetivamente utilizadas no mês de Outubro para o armazenamento dos produtos A. Os resultados obtidos foram compilados na Tabela 11.

Tabela 11 – Rampas ocupadas no mês de Outubro

Produto	Rampas necessárias
8638548979	22
8638340324	21
8638340324	11
8638340341	8

Confrontando as duas tabelas, podem-se observar diferentes valores entre as rampas que seriam ocupadas se implementado o sistema de *Kanbans* dimensionado e o número de rampas que verdadeiramente foram ocupadas no mês de Outubro. No caso do produto 8638548979, no mês de Outubro, teve um valor máximo em supermercado de 8524, o que corresponde a 22 rampas ocupadas. No entanto no sistema de *Kanbans* só seriam ocupadas 21 rampas. À semelhança do que acontece com o produto 8638548979, também os restantes apresentam diferenças entre os valores do número de rampas, favorecendo o sistema de *Kanbans*. Neste sentido aferiu-se que a implementação do sistema de *Kanbans* dimensionado traria vantagens no espaço ocupado pelos produtos A, uma vez que o espaço ocupado pelos mesmos seria menor do que é atualmente.

7 Conclusão e Sugestões de trabalho futuro

Neste capítulo apresentam-se as principais conclusões do trabalho desenvolvido e adicionalmente apresentam-se algumas recomendações de trabalho futuro.

7.1 Conclusão

O principal objetivo da presente dissertação de mestrado consistia no dimensionamento e aplicação de um sistema de *Kanbans*, para a família de produtos “Sensores”, entre a linha de inserção de componentes SMD27 e as linhas de montagem final 2F15 e 2F25, com o intuito de criação de sincronismo entre as secções de inserção e montagem final de modo a obter um fluxo contínuo de abastecimento de PCB’s.

Foi efetuada revisão bibliográfica sobre *Lean Manufacturing*, e dada especial ênfase ao sistema *Pull*, fluxo contínuo e sistemas de *Kanbans*.

Os principais aspetos relacionados com o sistema de produção da *Bosch Car Multimedia S.A.* foram documentados, com especial ênfase na família de produtos “Sensores”. Uma das ferramentas *Lean* utilizada para a análise do sistema produtivo e da deteção dos problemas foi o *Value Stream Mapping*. O uso desta ferramenta permitiu um melhor conhecimento e entendimento dos processos e do fluxo de materiais no sistema de produção. A análise do VSM possibilitou a identificação de problemas na normalização das rotas dos *milkruns*, inexistência de um sistema *Pull*, fraco nível de aplicação de conceitos de supermercado, e fraco balanceamento das linhas de produção.

Tendo-se identificado a necessidade de implementar um sistema de *Kanbans* que regulasse o consumo de produtos e o respetivo reaprovisionamento de materiais, o que permitiria apoiar a implementação de um sistema *Pull* entre a linha de inserção de componentes SMD27 e as linhas de montagem final 2F15 e 2F25, procedeu-se ao estudo de parâmetros essenciais para o dimensionamento do sistema de *Kanbans*.

Neste estudo foi realizada a análise do espectro de produtos da família “Sensores”, tendo-se identificado 3 produtos na Classe A (produtos correntes). Estes produtos representam 79,90% (em quantidade) do total da família “Sensores”. Foi determinada a capacidade disponível da linha SMD27, cujo *Planned Operation Time* (POT) diário foi estimado em 1406 minutos (no conjunto dos 3 turnos). O valor do *Net production time* (NET) foi estimado em 1274 minutos (3 turnos). Foi realizada uma análise ao longo de três meses ao *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) da linha

SMD27, do qual resultou um OEE médio de 90,63%. No processo de cálculo do desvio do cliente, foi necessário fornecer um valor estimado, uma vez que a empresa não possuía registos dos mesmos. Foi efetuado o cálculo do tamanho do lote de produção para os produtos A considerando um EPEI de 1.

O processo de cálculo do número de *Kanbans* no circuito foi detalhadamente descrito, e os respetivos valores tabelados e anexados. A determinação dos limites máximos e mínimos de existências em supermercado para cada um dos produtos da família “Sensores” da classe A foi efetuada.

Ao nível do supermercado, foi determinado o número de rampas necessárias para o armazenamento do sistema agora dimensionado, fornecendo-se igualmente as regras e indicações sobre o uso adequado do mesmo. O problema relativo à normalização das rotas dos *milkruns* foi abordado e sucintamente descrito, mas não foi abordado em profundidade uma vez que essa temática estava a ser desenvolvida num outro projeto da *Bosch Car Multimedia S.A.*

O processo de dimensionamento do sistema de *Kanbans* foi concluído, porém este poderia beneficiar com a existência de registos na empresa quanto aos desvios do cliente. Os benefícios estimados da implementação do sistema de *Kanbans* na *Bosch Car Multimedia S.A.* consistem em: (1) facilidade acrescida ao nível do planeamento; (2) uma gestão de *stocks* fácil e instantânea, pois é possível saber em qualquer altura qual a quantidade existente em supermercado; (3) ganho de espaço em supermercado, uma vez que o sistema de *Kanbans* controla as quantidades existentes, não excedendo determinado número de rampas, o que não se verifica no sistema atual; (4) melhoria na circulação da informação entre os vários intervenientes do sistema, facto este que também não se verificava; (5) produção adequada às necessidades do cliente; (6) problemas mais facilmente detetados e identificados, pela melhoria da circulação da informação e pela gestão visual, e subsequente resolução dos mesmos; (7) redução do *Lead Time*, no que se traduz num melhor serviço ao cliente.

O trabalho aqui descrito de dimensionamento de um sistema de *Kanbans* constitui um trabalho basilar à futura implementação do sistema de *Kanbans* da *Bosch Car Multimédia S.A.* O âmbito de aplicação e a própria forma de implementação do sistema de *Kanbans* foram entretanto redefinidos e ampliados, pelo que o processo de implementação do sistema de *Kanbans* deverá arrancar a curto/médio prazo na empresa.

7.2 Trabalho futuro

O desenvolvimento natural do trabalho desenvolvido e documentado neste relatório consiste na implementação propriamente dita do sistema de *Kanbans* nas secções em questão. Porém, tendo sido identificado desnivelamento da produção entre as linhas SMD27 e 2F15/2F25 uma primeira sugestão de trabalho futuro consistiria no nivelamento da produção.

A *Bosch Car Multimedia S.A.* lançou entretanto um programa mais global de adoção de sistema *Pull* nas áreas de montagem e inspeção de SMD's que pretende recorrer a um sistema de *Kanbans* eletrónicos. Caso esse programa se venha a concretizar será necessário desenvolver o *software* de suporte à implementação do sistema de *e-kanbans*, bem como dos diversos dispositivos que permitem efetuar o interface com os operadores que intervêm no processo. Algumas das funcionalidades do *software*, e alguns dos dispositivos necessários estão descritos na secção 4.1.2.10 e secção 5.7, pelo que se sugere a respetiva consulta.

Finalmente, no sentido de melhoria do nível de aceitação e adesão às alterações pretendidas, sugere-se um programa de formação e acompanhamento dos colaboradores *Bosch Car Multimedia S.A.*, nomeadamente os mais diretamente ligados à secção de inserção e montagem final de SMD's, sobre conceitos de Supermercado, sistema *Pull* e sistemas de *Kanbans*.

8 Bibliografia

Alvarez, R., Antunes Jr., 2001, Takt Time: Conceitos e Contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção, Gestão & Produção, Volume 8, Número 1, pp 1-18

Araújo, M., 2009, “Metodologia da Investigação”, Departamento de Produção e Sistemas, Escola de Engenharia de Sistemas de Produção, Universidade do Minho

Bosch, 2010a, Value Stream Design, Publicações Internas da Bosch Car Multimedia, S.A.

Bosch, 2010b, Manual de Acolhimento e Integração da Bosch Car Multimédia Portugal Lda., Publicações Internas Publicações Internas da Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.

Bosch, 2010c, Qualidade Perfeita, Publicações Internas Publicações Internas da Bosch Car Multimedia, S.A.

Bosch, 2010d, Orientação para o processo, Publicações Internas Publicações Internas da Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.

Bosch, 2010e, Flexibilidade, Publicações Internas Publicações Internas da Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.

Bosch, 2010f, Sistema Pull, Publicações Internas Publicações Internas da Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.

Bosch, 2010g, Melhoria Contínua, Publicações Internas Publicações Internas da Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.

Bosch, 2010h, Eliminação do Desperdício, Publicações Internas Publicações Internas da Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.

Bosch, 2010i, Padronização, Publicações Internas Publicações Internas da Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.

Bosch, 2010j, Transparência, Publicações Internas Publicações Internas da Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.

Bosch, 2010k, Métricas, Publicações Internas Publicações Internas da Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.

Bosch, 2010l, Milk Run, Publicações Internas Publicações Internas da Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.

Bosch, 2010m, Nivelamento, Publicações Internas Publicações Internas da Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.

Bosch, 2010n, Gestão Visual, Publicações Internas Publicações Internas da Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.

Bosch, 2010o, Auto Responsabilidade, Publicações Internas Publicações Internas da Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.

Bosch, 2011a, Implementation Guideline – Production Control, Publicações Internas da Robert Bosch GmbH.

Bosch, 2011b, Implementation Guideline – Production Control: Kanban Formula, Publicações Internas da Robert Bosch GmbH.

Cooper, R., Kaplan, R., 1991, Profit Priorities from Activity-Based Costing, Harvard Business Review, pp 130 - 135

Courtois, A., Martin-Bonnefois, C., Pillet, M., 1997, Gestão da Produção, 4ª edição, Lidel

Liker, J.F., Lamb, T., 2001, A guide to Lean Shipbuilding, versão 0.5, Ann Arbor, Michigan

Liker, J.K., 2004, The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer, McGraw-Hill, ISBN: 0071392319

Monden Y, 1997, Toyota Production System – An Integrated Approach to Just-In-Time, Institute of Industrial Engineers, Georgia, third edition

Ortiz, C.A., 2006, Kaizen Assembly, CRC – Taylor & Francis Group, pp 27-32

Rodrigues, C.W., 2007, Metodologia Científica, FAETEC/IST, Paracambi, Data de acesso: 03.01.2011, Disponível em: www.ebras.bio.br/autor/aulas/metodologia_cientifica.pdf

Rother, M., 2010, Toyota Kata, McGraw-Hill, ISBN: 978-0-0-7163985-9

Rother, M., Shook, J., 1999, Learning to See: Value Stream Mapping to add Value and eliminate Muda, Versão 1.2, The Lean Enterprise Institute, Massachussets

Santillo, L. C., 2008, Corso di Gestione della Produzione Industriale, A.A

Shingo, Shigeo, 1989, A Study of Toyota Production System, Productivity Press ISBN: 0-9195299-17-8,

Slomp, J., Bokhorst, J. A. C., Germs, R., 2009, “A lean production control system for high-variety/low-volume environments: a case study implementation”, Production Planning & Control, Vol. 20, No. 7, 586-595.

Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., Uchikawa, S., 1977, “Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system”, International Journal of Production Research, 15: 6, 553-564.

Takeda, H., 1999, The Synchronic Production System – Just-in-Time for the entire company, Greta Konradt, Tokyo

Tomino T, Park Y, Hong P, Roh J, 2008, Market flexible customizing system (MFCS) of Japanese vehicle manufacturers: An analysis of Toyota, Nissan and Mitsubishi, Int. J. Production Economics, Elsevier

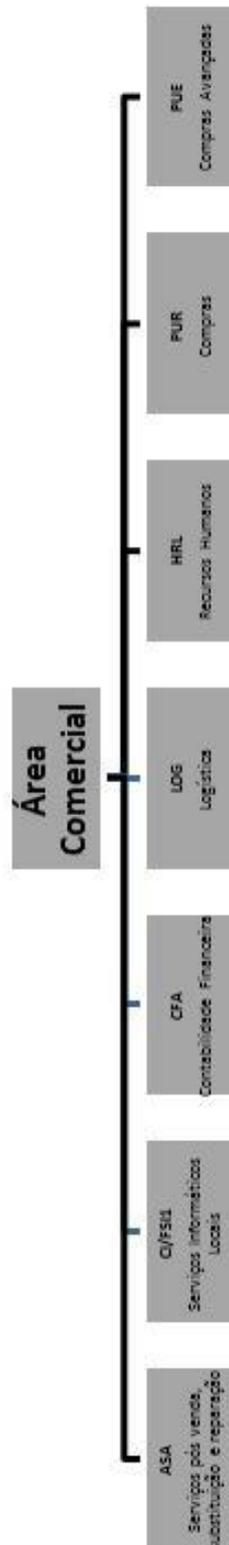
Womack, J., Jones, D., 2003, Seeing the Whole: Mapping the Extended Value Stream, Versão 1.1, The Lean Enterprise Institute, Inc., Massachusetts,

Womack, James P., Jones, Daniel T., 2003, Lean Thinking, Free Press, New York, 2ª Edição

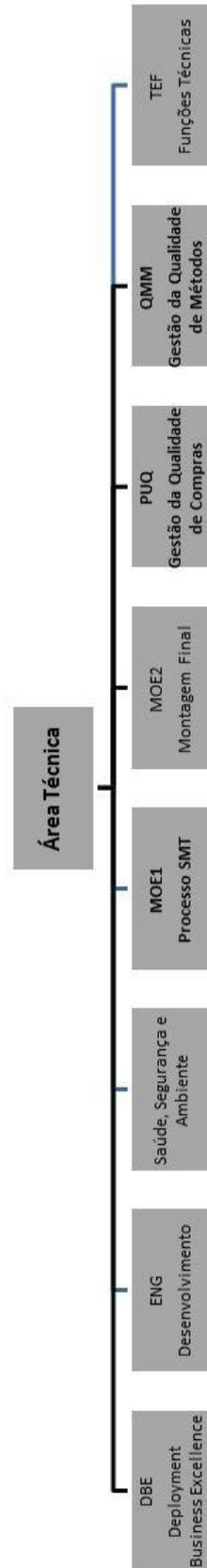
Womack, James P., Jones, Daniel T., Roos, Daniel, 1990. The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production, Rawson Associates ISBN: 0-684-81992-9

Anexos

Anexo 1 - Departamentos da Área Comercial



Anexo 2 - Departamentos da Área Técnica



Anexo 3 – Símbolos do Value Stream Mapping

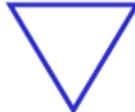
 Fluxo de Material Puxado	 Transporte Externo	<table border="1" data-bbox="853 291 1029 470"> <tr><td>T/C: 65 seg.</td></tr> <tr><td>M/S: 400 seg.</td></tr> <tr><td>2 Turnos</td></tr> <tr><td>OEE: 60%</td></tr> </table> Dados de Processo	T/C: 65 seg.	M/S: 400 seg.	2 Turnos	OEE: 60%	 1000 peças 1.3 dias Material Parado
T/C: 65 seg.							
M/S: 400 seg.							
2 Turnos							
OEE: 60%							
 Transporte Interno	max. 30 Peças  Fluxo de Materiais em Sequência	 Supermercado	 Localização Externa				

Figura 39 – Símbolos de fluxo de materiais

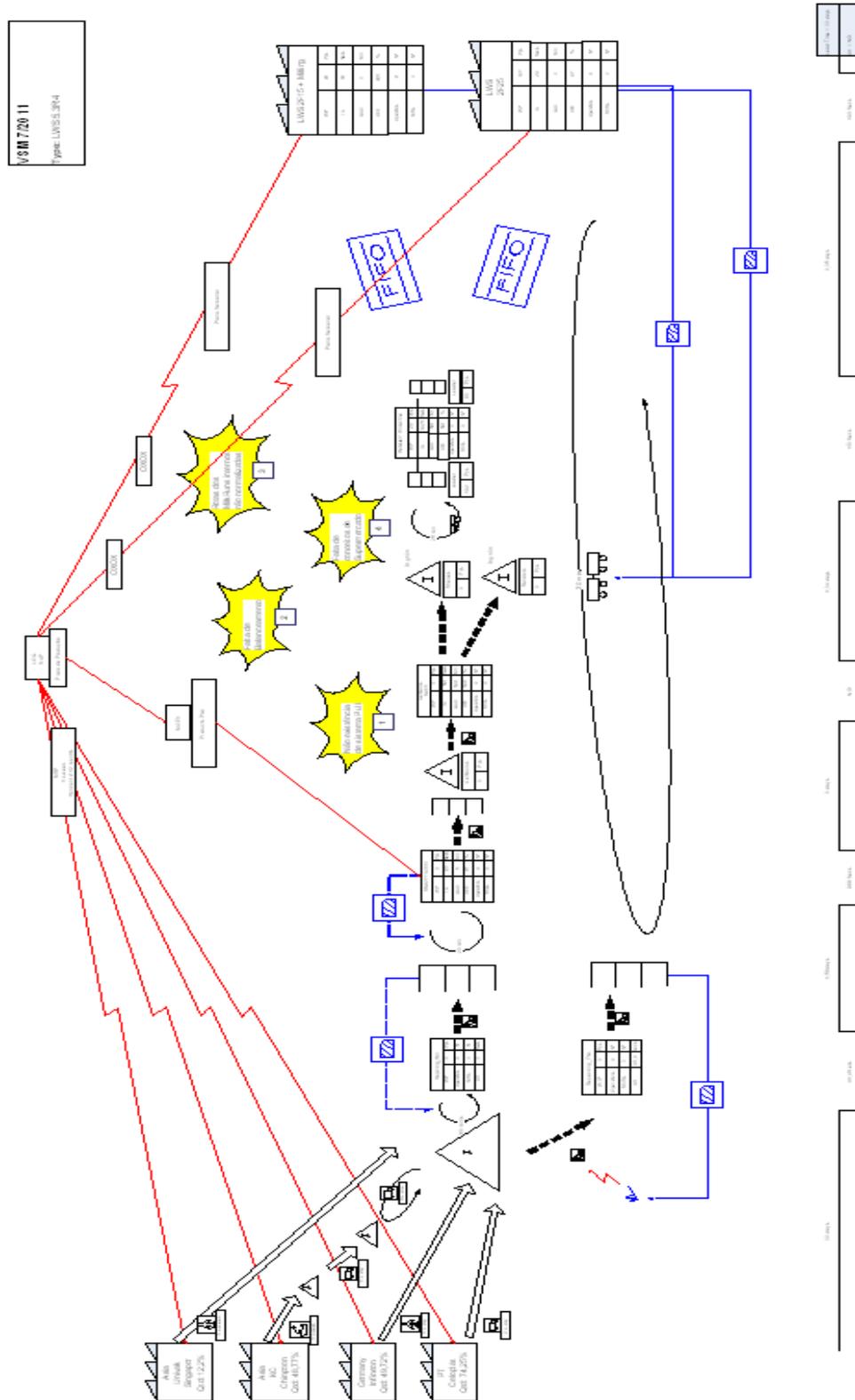
 Produção em excesso Oportunidade Kaizen	 SMED Workshop KAIZEN
--	--

Figura 40 – Símbolos gerais

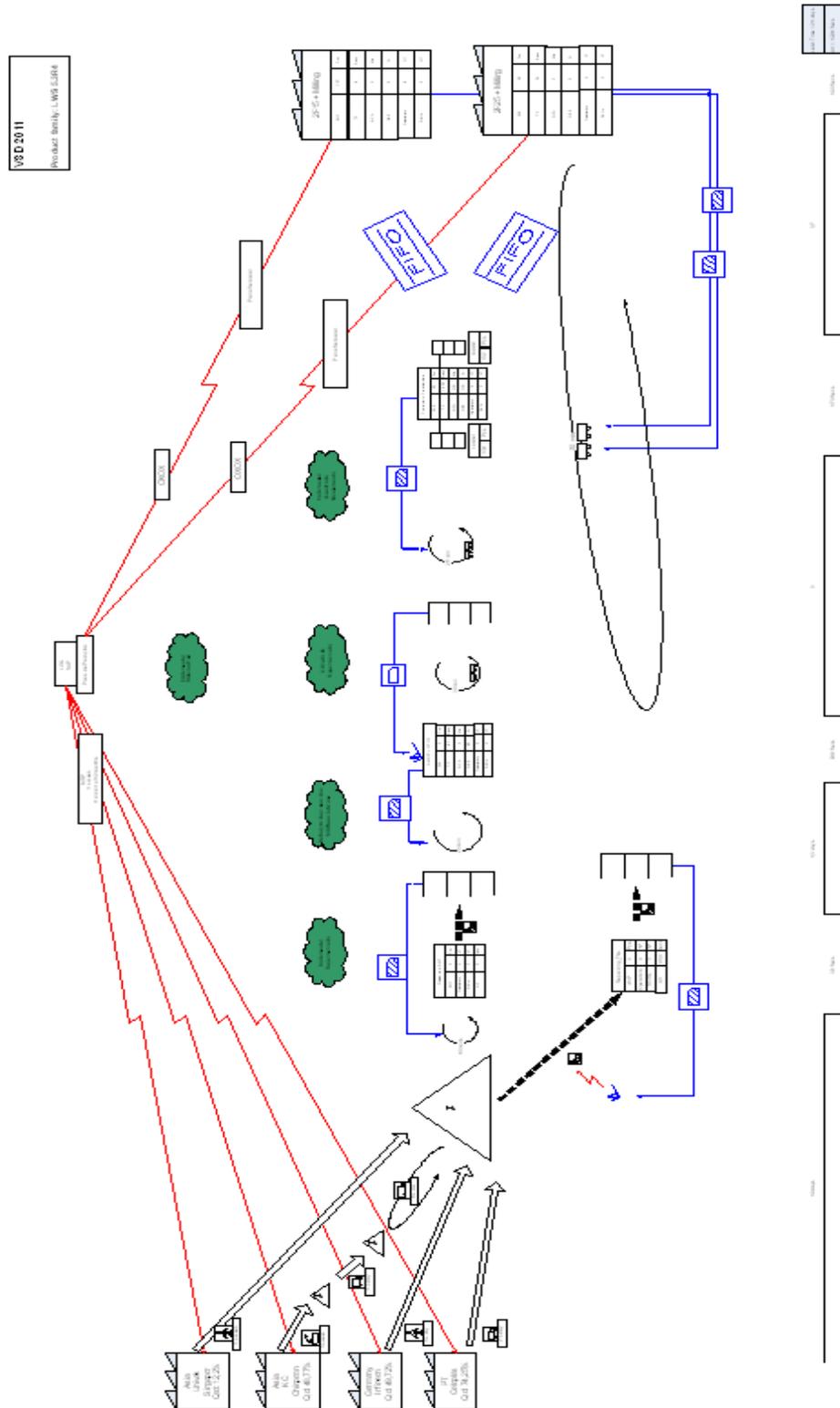
 Fluxo de Informação Manual	 Caixa de Nivelamento	 Fluxo de Informação Electrónico	 Ordens „Informais“
 Ordem de Produção	 Ordem de Movimentação	 Plano de Produção	 Ordem de Lote de Produção

Figura 41 – Símbolos de fluxo de informação

Anexo 4 – Value Stream Mapping



Anexo 5 – Value Stream Design



Anexo 6 – Compilação dos valores do OEE

Reuniram-se os valores de OEE durante os meses de Julho, Agosto e Setembro, os quais são apresentados nas tabelas seguintes. Em cada uma das tabelas a última coluna corresponde à média de OEE por dia, isto é a média de valores dos três turnos (T1, T2 e T3) da linha SMD27. Além da média por dia apresenta-se a média de OEE mensal, no final de cada tabela.

Julho				
Dias	T1	T2	T3	OEE méd
1	54,23%	99,36%	91,03%	81,54%
2	100%	95%	100%	98,21%
3	89,85%	94,06%		91,96%
4	97,68%	93,48%	79,71%	90,29%
5	74,67%	94,05%	96,38%	88,37%
6	87,08%	90,16%	91,73%	89,66%
7	86,46%	96,98%	94,42%	92,62%
8	95,19%	93,06%	95,97%	94,74%
9	99,20%	80,53%	90,29%	90,01%
10	85,44%	94,81%		90,13%
11	99,32%	99,39%	89,08%	95,93%
12	98,10%	93,16%	92,39%	94,55%
13	93,38%	89,18%	95,09%	92,55%
14	91,25%	95,76%	93,66%	93,56%
15	95,11%	96,41%	93,88%	95,13%
16	99,54%	97,12%	91,12%	95,93%
17	97,62%	97,37%		97,50%
18	99,77%	87,68%	93,38%	93,61%
19	99,93%	93,55%	94,10%	95,86%
20	99,24%	94,73%	94,25%	96,07%
21	88,31%	90,55%	92,55%	90,47%
22	90,60%	89,71%	95,08%	91,80%
23	96,98%	94,60%		95,79%
24	97,96%			97,96%
25	86,57%	82,09%	95,35%	88,00%
26	93,71%	99,24%	94,27%	95,74%
27	89,93%	98,56%	94,64%	94,38%
28	83,79%	85,32%	93,75%	87,62%
29	96,45%	96,78%	99,73%	97,65%
30				
31				
OEE méd Mensal				93,02%

As médias foram calculadas através da média aritmética dos valores apresentados, a qual é calculada pela Equação 19.

Equação 19

$$Média_{aritmética} = \frac{\sum \text{valores}}{n^{\circ} \text{valores}}$$

Agosto				
Dias	T1	T2	T3	OEE méd
1	86,51%	91,01%	86,05%	87,86%
2	96,71%	98,28%	74,01%	89,67%
3	99,68%	97,88%		98,78%
4	91,84%	98,88%	94,31%	95,01%
5	85,54%	93,91%	66,41%	81,95%
6	87,92%			87,92%
7				
8	92,05%	88,93%	88,29%	89,76%
9	94,17%	86,18%	98,95%	93,10%
10	93,56%	76,27%		84,92%
11	87,32%	95,25%	92,82%	91,80%
12	86,75%	72,14%	89,65%	82,85%
13				
14				
15				
16	66,20%	95,97%		81,09%
17	84,03%	89,15%	96,56%	89,91%
18	93,88%	78,40%	94,88%	89,05%
19	70,76%	90,20%	88,50%	83,15%
20	79,31%			79,31%
21				
22	94,84%	70,74%	87,17%	84,25%
23	83,24%	95,93%	94,57%	91,25%
24	96,22%	80,75%	100%	92,32%
25	90,02%	97,94%		93,98%
26	98,16%	81,30%		89,73%
27	89,21%	59,24%		74,23%
28				
29	97,84%	93,50%	97,44%	96,26%
30	92,37%	83,64%	100%	92,00%
31	99,95%	100%		99,98%
OEE méd Mensal				88,80%

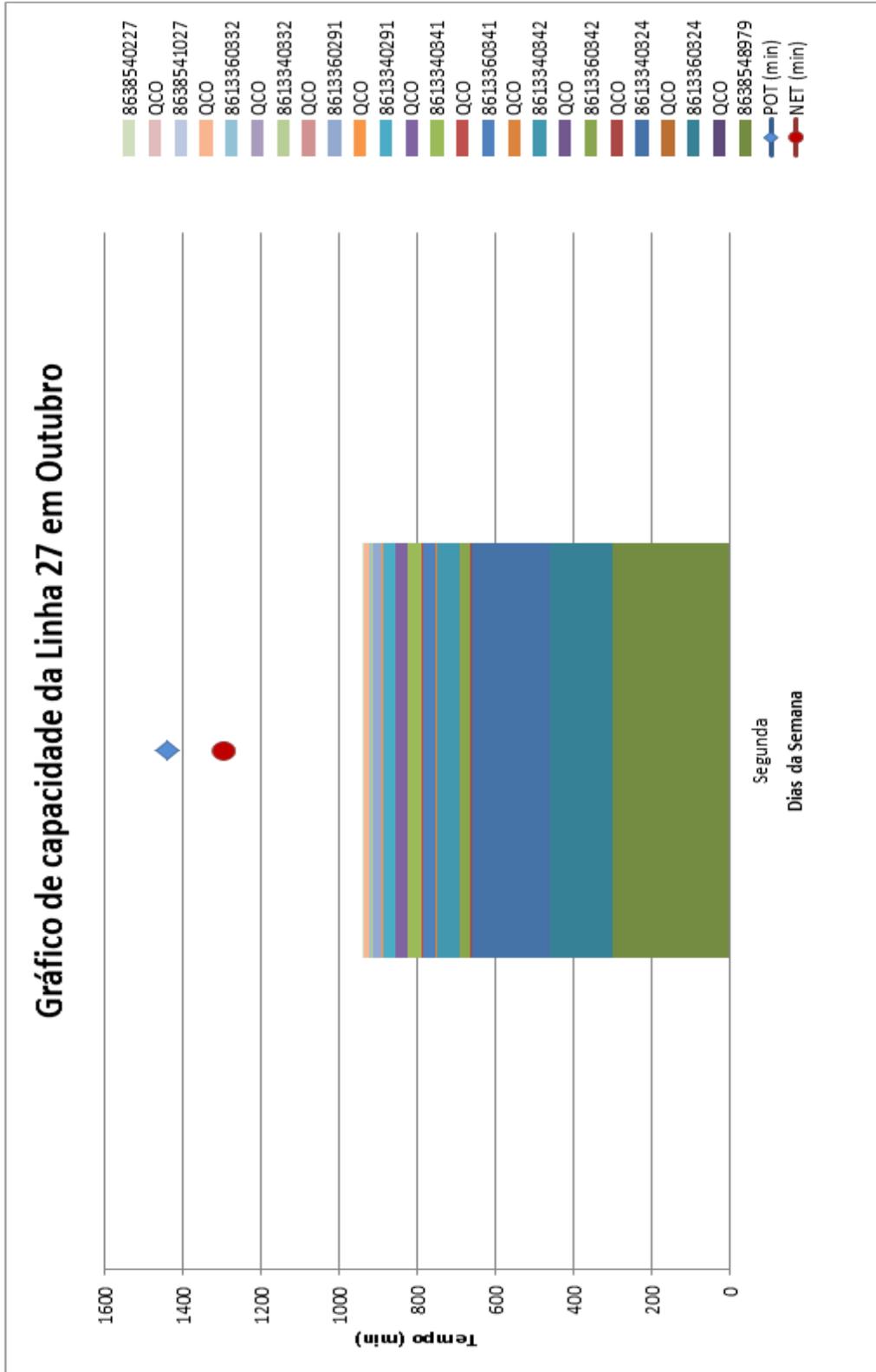
Setembro				
Dias	T1	T2	T3	OEE méd
1	97,45%	97,74%		97,60%
2	98,63%	99,93%		99,28%
3	94,94%			94,94%
4				
5	91,98%	86,17%	87,99%	88,71%
6	86,72%	99,21%	99,68%	95,20%
7	92,65%	96,58%	95,01%	94,75%
8	80,42%	100%	96,41%	92,28%
9	95,57%	99,83%	96,34%	97,25%
10	84,73%	88,73%	64,54%	79,33%
11	92,70%			92,70%
12	99,85%	98,85%	98,96%	99,22%
13	99,78%	97,60%	97,71%	98,36%
14	99,67%	99,27%	57,10%	85,35%
15	99,27%	57,79%	91,61%	82,89%
16	91,61%	98,61%	72,01%	87,41%
17	67,64%	97,51%	64,82%	76,66%
18	83,69%	94,72%		89,21%
19	56,13%	89,85%	99,41%	81,80%
20	86,77%	94,47%	95,55%	92,26%
21	52,36%	93%	99,54%	81,63%
22	83,63%	98%	84,63%	88,75%
23	95,81%	95,28%	84,41%	91,83%
24	89,78%	96,37%	95,82%	93,99%
25	92,98%		93,43%	93,21%
26	82,07%	99,61%	88,82%	90,17%
27	99,44%	95,69%	99,89%	98,34%
28	94,79%	99,22%	92,23%	95,41%
29	99,97%	99,51%	98,53%	99,34%
30	58,89%	97,74%	58,70%	71,78%
OEE méd Mensal				90,68%

Posteriormente, efetuou-se o cálculo do OEE médio durante os três meses, tendo-se obtido um OEE médio de 90,93%.

Anexo 7 - Tabela de tempos de *Changeover*

8638548979	8638548979	8613360324	8613360342	8613340342	8613360341	8613340341	8613340291	8613360291	8613340332	8613360332	8613340349	8638541027	8638561027	8638540227	8638540395	8638541206	8638541471
		2	2	7	7	7	34	34	34	34	2	2	2	7	2	2	2
		2	2	7	7	7	34	34	34	34	2	2	2	7	2	2	2
		2	2	7	7	7	34	34	34	34	2	2	2	7	2	2	2
		7	7	2	2	2	34	34	34	34	7	7	7	2	7	7	7
		7	7	2	2	2	34	34	34	34	7	7	7	2	7	7	7
		7	7	2	2	2	34	34	34	34	2	2	2	2	2	2	2
		7	7	2	2	2	34	34	34	34	2	2	2	2	2	2	2
		14	14	14	14	14	14	2	2	2	14	14	14	14	14	14	14
		14	14	14	14	14	14	2	2	2	14	14	14	14	14	14	14
		14	14	14	14	14	14	2	2	2	14	14	14	14	14	14	14
		14	14	14	14	14	14	2	2	2	14	14	14	14	14	14	14
		2	2	7	7	7	34	34	34	34	2	2	2	7	2	2	2
		2	2	7	7	7	34	34	34	34	2	2	2	7	2	2	2
		2	2	7	7	7	34	34	34	34	2	2	2	7	2	2	2
		7	7	2	2	2	34	34	34	34	7	7	7	7	7	7	7
		2	2	7	7	7	34	34	34	34	2	2	2	7	2	2	2
		2	2	7	7	7	34	34	34	34	2	2	2	7	2	2	2
		2	2	7	7	7	34	34	34	34	2	2	2	7	2	2	2
		2	2	7	7	7	34	34	34	34	2	2	2	7	2	2	2
		2	2	7	7	7	34	34	34	34	2	2	2	7	2	2	2

Anexo 8 - Gráfico de Capacidade da Linha SMD27 no mês de Outubro



Anexo 9 – Cálculo do número de Kanbans

Como referido no capítulo 5, alusivo ao cálculo do número de Kanbans em circuito da referência 8638548979, neste anexo apresentam-se os cálculos para as restantes referências.

Referência 8613340324

De seguida apresentam-se os cálculos dos valores de cada parâmetro.

$$RT_{Loop} = 419 + 723 + 20 + 5 + 4 + 30$$

$$RT_{Loop} = 1201 \text{ minutos}$$

Com o valor observado acima tem-se:

$$RE = \frac{3632 \times 1201}{(1274) \times 120}$$

$$RE = 29 \text{ kanbans}$$

O valor calculado através da Equação 88 indica o número de *Kanbans* que devem ser colocados no supermercado após a construção do lote de uma referência.

A parcela *LO*, corresponde ao número de *Kanbans* necessários para cobrir o tamanho do lote.

O parâmetro *LS*, detém o mesmo valor para todas as referências consideradas, e uma vez que o *LS* já foi calculado, neste anexo só aparecerão valor, sem qualquer cálculo.

Recorrendo aos valores indicados na Tabela 4 é possível efetuar o cálculo do valor de *LO*. Neste sentido,

$$LO = \frac{3632}{120} - 1$$

$$LO = 30 \text{ kanbans}$$

Calculando o parâmetro *WI*, através da Equação 12 tem-se:

$$WI = \frac{3632}{120} - 29 - 30$$

$$WI = -28,7 \text{ kanbans}$$

$$WI = 0$$

Calculando o valor de SA pelas equações enunciadas no subcapítulo referente ao cálculo do número de Kanbans.

O valor de WA_{ext} é calculado de seguida com a ajuda da Equação 17 apresentada anteriormente.

$$WA_{ext} = 3632 + \frac{1406 \times (1 - 0.90626)}{0.147}$$

$$WA_{ext} = 4528 \text{ placas}$$

Com os valores da Tabela 5 pode efetuar-se o cálculo do parâmetro SA_1 como se pode verificar abaixo.

$$SA_1 = \frac{4528 - 3632}{120} + \frac{3632}{120} \times \frac{(2,61\% + 0\%)}{100}$$

$$SA_1 \approx 8 \text{ kanbans}$$

Para o cálculo do SA_2 , como já foi enunciado anteriormente, este cálculo é pura especulação devido a que os valores do desvio do cliente não correspondem aos valores reais. Assim, com a Tabela 6 e a Equação 15 apresentam-se o valor de SA_2 .

$$SA_2 = \frac{3632}{120} \times \frac{5\%}{100}$$

$$SA_2 \approx 1 \text{ kanban}$$

Por fim, o SA_3 é dado de seguida:

$$SA_3 = \frac{480}{120}$$

$$SA_3 = 4 \text{ kanbans}$$

Deste modo,

$$SA = 8 + 1 + 4$$

$$SA = 13 \text{ kanbans}$$

Tendo os valores de todos os parâmetros é possível saber a quantidade de cartões da referência 8613340324. Nesse sentido,

$$K = 29 + 30 + 0 + 13$$

$$K = 72 \text{ Kanbans}$$

Do cálculo anterior conclui-se que o número de cartões que devem circular no sistema, da referência 861340324 é de 72 Kanbans, o que corresponde, segundo a Tabela 4, a $72 \text{ Kanbans} \times 120 \frac{\text{placas}}{\text{Kanban}} = 8640 \text{ placas}$.

Referência 8613340342

De seguida apresentam-se os cálculos dos valores de cada parâmetro.

$$RT_{Loop} = 135 + 1062 + 20 + 5 + 4 + 30$$

$$RT_{Loop} = 1256 \text{ minutos}$$

Com o valor observado acima tem-se:

$$RE = \frac{1563 \times 1256}{(1274) \times 160}$$

$$RE = 10 \text{ kanbans}$$

O valor calculado através da Equação 8 indica o número de *Kanbans* que devem ser colocados no supermercado após a construção do lote de uma referência.

A parcela *LO*, corresponde ao número de Kanbans necessários para cobrir o tamanho do lote. Para o produto 8613340342 tem-se o valor de *LO* de:

$$LO = \frac{1563}{160} - 1$$

$$LO = 9 \text{ kanbans}$$

Calculando o parâmetro *WI*, através da Equação 12 tem-se:

$$WI = \frac{1563}{160} - 10 - 9$$

$$WI = -9,23 \text{ kanbans}$$

$$WI = 0$$

Calculando o valor de *SA* pelas equações enunciadas no subcapítulo referente ao cálculo do número de Kanbans.

O valor de WA_{ext} é calculado de seguida com a ajuda da Equação 17 apresentada anteriormente.

$$WA_{ext} = 1563 + \frac{1406 \times (1 - 0.90626)}{0,130}$$

$$WA_{ext} = 2577 \text{ placas}$$

Com os valores da Tabela 5 pode efetuar-se o cálculo do parâmetro SA_1 como se pode verificar abaixo.

$$SA_1 = \frac{2577 - 1563}{160} + \frac{1563}{160} \times \frac{(2,33\% + 0\%)}{100}$$

$$SA_1 \approx 7 \text{ kanbans}$$

Para o cálculo do SA_2 , como já foi enunciado anteriormente, este cálculo é pura especulação devido a que os valores do desvio do cliente não correspondem aos valores reais. Assim, com a Tabela 6 e a Equação 15 apresentam-se o valor de SA_2 .

$$SA_2 = \frac{1563}{160} \times \frac{5\%}{100}$$

$$SA_2 \approx 1 \text{ kanban}$$

Por fim, o SA_3 é dado de seguida:

$$SA_3 = \frac{320}{160}$$

$$SA_3 = 2 \text{ kanbans}$$

Deste modo,

$$SA = 7 + 1 + 2$$

$$SA = 10 \text{ kanbans}$$

Tendo os valores de todos os parâmetros é possível saber a quantidade de cartões da referência 8613340324. Nesse sentido,

$$K = 10 + 9 + 0 + 10$$

$$K = 28 \text{ Kanbans}$$

Do cálculo anterior conclui-se que o número de cartões que devem circular no sistema, da referência 8613340342, é de 29 Kanbans, o que corresponde, segundo a Tabela 4, a $29 \text{ Kanbans} \times 160 \frac{\text{placas}}{\text{Kanban}} = 4592 \text{ placas}$.

Referência 8613340341

De seguida apresentam-se os cálculos dos valores de cada parâmetro.

$$RT_{Loop} = 216 + 1124 + 20 + 5 + 4 + 30$$

$$RT_{Loop} = 1400 \text{ minutos}$$

Com o valor observado acima tem-se:

$$RE = \frac{1224 \times 1400}{(1274) \times 80}$$

$$RE = 17 \text{ kanbans}$$

O valor calculado através da Equação 8 indica o número de *Kanbans* que devem ser colocados no supermercado após a construção do lote de uma referência.

A parcela *LO*, corresponde ao número de *Kanbans* necessários para cobrir o tamanho do lote. Deste modo, apresenta-se o valor para o parâmetro de seguida:

$$LO = \frac{1224}{80} - 1$$

$$LO = 15 \text{ kanbans}$$

Calculando o parâmetro *WI*, através da Equação 12 tem-se:

$$WI = \frac{1224}{80} - 17 - 15$$

$$WI = -16,7 \text{ kanbans}$$

$$WI = 0$$

Calculando o valor de *SA* pelas equações enunciadas no subcapítulo referente ao cálculo do número de *Kanbans*.

O valor de WA_{ext} é calculado de seguida com a ajuda da Equação 17 apresentada anteriormente.

$$WA_{ext} = 1224 + \frac{1406 \times (1 - 0.90626)}{0,114}$$

$$WA_{ext} = 2380 \text{ placas}$$

Com os valores da Tabela 5 pode efetuar-se o cálculo do parâmetro SA_1 como se pode verificar abaixo.

$$SA_1 = \frac{2577 - 1563}{160} + \frac{1563}{160} \times \frac{(8,99\% + 0\%)}{100}$$

$$SA_1 \approx 15 \text{ kanbans}$$

Para o cálculo do SA_2 , como já foi enunciado anteriormente, este cálculo é pura especulação devido a que os valores do desvio do cliente não correspondem aos valores reais. Assim, com a Tabela 6 e a Equação 15 apresentam-se o valor de SA_2 .

$$SA_2 = \frac{1224}{80} \times \frac{5\%}{100}$$

$$SA_2 \approx 1 \text{ kanban}$$

Por fim, o SA_3 é dado de seguida:

$$SA_3 = \frac{320}{80}$$

$$SA_3 = 4 \text{ kanbans}$$

Deste modo,

$$SA = 15 + 1 + 4$$

$$SA = 20 \text{ kanbans}$$

Tendo os valores de todos os parâmetros é possível saber a quantidade de cartões da referência 8613340324. Nesse sentido,

$$K = 17 + 15 + 0 + 20$$

$$K = 52 \text{ Kanbans}$$

Do cálculo anterior conclui-se que o número de cartões que devem circular no sistema, da referência 8613340341, é de 52 Kanbans, o que corresponde, segundo a Tabela 4, a $52 \text{ Kanbans} \times 80 \frac{\text{placas}}{\text{Kanban}} = 4160 \text{ placas}$.

Anexo 10 - Existências em supermercado dos produtos A

Dia	8638548979	8613340324	8613340342	8613340341
3	5768	2718	7568	412
4	2728	1152	7936	636
6	2700	2880	7680	1720
7	2456	3168	8256	1536
10	872	4896	2304	800
11	2248	6258	2312	1584
12	2804	7488	2312	2780
13	3764	7434	2312	1052
14	5876	7488	2368	192
17	6624	8064	2776	1260
18	5296	9480	2776	960
19	1948	12108	1256	0
20	1628	9960	3072	1236
21	2268	5184	4608	1468
24	2036	4296	2792	3096
26	3840	3348	7296	2988
28	8524	5552	6432	2164
31	4268	11586	6008	0

Anexo 11 – Exceções ao Sistema

Todos os sistemas implementados apresentam exceções, e este não é exclusão. Assim, apresentam-se de seguida as exceções que podem acontecer no sistema.

O monitor da linha terá dois botões que poderão ser acionados pelo próprio colaborador em alguns casos como: (1) falta de material e (2) adiantamento de produção dos produtos C.

Quando o colaborador aciona falta de material no sistema o sistema avança para a produção seguinte àquele lote ao qual faltou material. No segundo caso, quando o colaborador prime o botão correspondente ao adiantamento de produção, o sistema permitirá produzir os produtos C antes da hora prevista para o seu início (22 horas). Este botão só será contabilizado pelo sistema a partir das 21 horas, e só deverá ser acionado quando a produção dos produtos C quebrar um lote de um produto A.

As situações descritas anteriormente serão as que ocorrerão com mais frequência, no entanto podem acontecer outras situações não tão comuns, ou pelo menos não o deveriam ser.

- O *milkrun* interno tem de efetuar dois pickings, os quais já foram explicados no capítulo referente ao funcionamento do sistema, no entanto pode acontecer que o *milkrun* não efetue os mesmos. Caso haja este esquecimento o *e-kanban* azul, não desaparece não sendo acrescida a quantidade produzida ao supermercado.
- À semelhança do *milkrun* interno o *milkrun* externo também está passível do esquecimento dos pickings, pelo que irá aparecer na caixa de construção de lote, ou caixa de nivelamento um *e-kanban* verde sem antes ter aparecido um *e-kanban* amarelo.
- Como dito anteriormente só deve existir uma rampa aberta por referência

Nas duas primeiras situações, o sistema devolve um sinal sonoro e aparece um retângulo vermelho intermitente, o qual quer dizer que se passa alguma coisa com aquela determinada referência. Em todas as situações o chefe de equipa tem de verificar o que ocorreu determinando as causas e resolvê-las, caso não o consiga sozinho terá de recorrer a um departamento de suporte, como é o caso do planeamento.

