



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Rafael Crisóstomo Santos Gonçalves

Criação de uma ferramenta de análise rápida na tomada de decisão de implementação de *layouts* funcionais ou por processo com base nos princípios *Lean*

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor José António Vasconcelos Oliveira

Outubro de 2019

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos. Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada. Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Expresso o meu sincero agradecimento a todos aqueles que contribuíram para a realização deste projeto.

Ao meu Professor José António Vasconcelos Oliveira, pelo seu incansável apoio, suporte e disponibilidade durante a realização desta dissertação.

Aos meus orientadores na empresa, Francisco Vieira e Manuel Gomes, pelo suporte, disponibilidade e todo o conhecimento que me transmitiram.

A todos os colaboradores da Bosch, pela disponibilidade e suporte durante a realização deste projeto.

À minha namorada, família e amigos por todo o apoio e motivação para o desenvolvimento desta dissertação.

A todos um sincero obrigado.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

O presente projeto surge pela necessidade de implementação do controlo por consumo no sistema produtivo da empresa, para fazer face às alterações do mercado atual voltadas para as necessidades dos clientes.

Neste contexto, no projeto de dissertação desenvolvido na Bosch Car Multimedia S.A., foi criada uma ferramenta de análise rápida na tomada de decisão de implementação de *layouts* funcionais ou por processo com base nos princípios do controlo por consumo.

De modo a alcançar os objetivos definidos, foi aplicada a metodologia de investigação *action research*. Esta metodologia contempla cinco fases de desenvolvimento: diagnóstico, planeamento de ações, implementação de ações, avaliação e especificação da aprendizagem.

A fase de diagnóstico deste projeto consistiu na definição clara de um fluxo de valor (AN3) e realizou-se uma análise crítica do sistema produtivo da Área de Negócios 3 através do *Value Stream Mapping* (VSM), onde se identificaram oportunidades de melhoria. Nesta fase constatou-se que o *layout* atual da empresa (*layout* funcional) apresentava duas grandes desvantagens, nomeadamente, a elevada distância entre processos e a falta de controlo de produção.

Na fase de planeamento de ações fez-se uma análise das propostas de melhoria e escolheram-se aquelas que visam a melhoria do desempenho do sistema produtivo. Por conseguinte, na fase de implementação de ações foi proposta a alteração do *layout* funcional para um *layout* por processo, tornando os processos em sequência e orientados para o produto, e criou-se a Ferramenta Controlo por Consumo. Esta ferramenta serve como apoio na implementação do controlo por consumo, e também para que a empresa consiga avaliar os ganhos inerentes à mudança de *layout* e à implementação do controlo por consumo.

A fase de avaliação consistiu na aplicação da Ferramenta Controlo por Consumo para se comparar os indicadores de desempenho (WIP e área ocupada pelo supermercado) entre o *layout* funcional e o *layout* por processo. Na fase de especificação da aprendizagem foi possível constatar que o WIP no *layout* por processo era consideravelmente mais baixo do que no *layout* funcional, estimando-se uma diminuição na quantidade de WIP anual equivalente a, aproximadamente, 1,6 milhões de euros.

PALAVRAS-CHAVE

Ferramentas *Lean*, *Layout* Funcional, *Layout* por Processo, Controlo por Consumo, WIP

ABSTRACT

The project at issue emerges due to the necessity of an implementation of consumption control on the company's production system to address the current market changes oriented to customer needs.

In this context, in the thesis developed at Bosch Car Multimedia S.A., a quick analysis tool was created for decision-making on either functional or process layouts based on the consumption control principle.

In order to attain the defined objectives, an action research methodology was applied. This methodology contemplates five development stages: diagnosis, action planning, action implementation, evaluation and learning specification.

The project's diagnosis stage consisted on a clear definition of the value stream (AN3) and a critical analysis of the AN3's production system was conducted using the Value Stream Mapping (VSM) tool where improvement opportunities were identified. In this stage, it was concluded that the current company's layout (functional layout) had two main disadvantages: a high distance between processes and a lack of production control.

In the action planning stage, an analysis on the improvement proposals was developed and those who improved the production system's performance were chosen. Thus, in the action implementation stage it was proposed a change from functional layout to a process layout was proposed which decreased the distance between the processes. A Consumption Control Tool was created to both serve as support in the pull production's implementation and to enable the company to evaluate gains inherent to layout change as well as the implementation of the consumption control's methodology.

At last but not least, the evaluation stage consisted on the application of Consumption Control Tool to compare performance indicators (WIP and occupied area by the supermarket) between the functional and process layouts. In the learning specification stage, it was possible to determine that the WIP on the process layout was considerably lower than on the functional layout. Moreover, a decrease worth of 1,6 million euros was estimated on the WIP's annual quantity.

KEYWORDS

Lean Tools, Functional Layout, Process Layout, Consumption Control, WIP

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Declaração de Integridade	v
Resumo.....	vi
Abstract.....	vii
Índice.....	ix
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas	xvii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xix
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos	3
1.3 Metodologia de investigação	3
1.4 Estrutura da dissertação	4
2. Revisão Bibliográfica	7
2.1 Origem da produção <i>lean</i>	7
2.2 Análise dos diferentes tipos de desperdícios.....	11
2.3 A evolução da produção <i>lean</i> para filosofia <i>lean</i>	16
2.4 Casa TPS	19
2.5 Ferramentas <i>lean</i>	21
2.5.1 5S.....	21
2.5.2 Trabalho standard	22
2.5.3 <i>Value stream mapping</i> (VSM).....	23
2.5.4 Sistema <i>kanban</i>	25
2.6 Design de layout e linhas de produção de um sistema produtivo	26
2.7 Controlo por consumo	29
3. Apresentação da empresa.....	36
3.1 Identificação e localização	36
3.2 Grupo Bosch	36
3.3 Cultura Bosch.....	38

3.4 Bosch em Portugal	39
3.5 Bosch Car Multimédia Portugal S.A. (BrgP)	40
3.5.1 Clientes	41
3.5.2 Produtos.....	42
3.5.3 Estrutura organizacional	42
3.5.4 <i>Bosch Production System</i> (BPS).....	43
4. Descrição e análise crítica da situação atual da empresa	45
4.1 Layout do Sistema Produtivo da Bosch Car Multimédia	45
4.2 Layout do sistema produtivo dedicado à AN3	46
4.3 Análise dos produtos mais representativos da AN3.....	48
4.4 Análise Crítica através do <i>VSM</i>	49
4.5 Identificação dos desperdícios	51
5. Apresentação das propostas de melhoria	53
5.1 Layout por processo	53
5.2 <i>Value Stream Design</i> (VSD)	56
5.3 Controlo por Consumo.....	58
5.3.1 Cálculos do layout por processo utilizando a Ferramenta Controlo por Consumo.....	60
5.3.2 Cálculos do layout funcional utilizando a Ferramenta Controlo por Consumo	72
6. Análise e discussão das propostas de melhoria	80
6.1 Análise dos resultados previstos através da Ferramenta Controlo por Consumo	80
6.2 Análise dos resultados previstos no <i>loop</i> da SMD21	80
6.3 Análise dos resultados previstos no <i>loop</i> da SMD25	81
6.4 Análise dos resultados previstos no <i>loop</i> da PIS	82
6.5 Análise dos resultados previstos no <i>loop</i> do ICT	82
6.6 Análise dos resultados previstos no <i>loop</i> do Coating.....	83
6.7 Síntese dos resultados previstos	84
7. Conclusões	85
7.1 Considerações finais.....	85
7.2 Projeto futuro	86
Referências Bibliográficas	87

Anexo I – Informações sobre os processos para cada runner da AN3	89
Anexo II – Diferenças entre os tempos de ciclo do processo a montante e o processo a jusante para cada runner da AN3.....	91
Anexo III – Símbolos standard utilizados no VSM e VSD.....	93
Anexo IV – Value Stream Mapping	94
Anexo V – Value Stream Design	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Diferentes tipos de atividades.....	11
Figura 2 – Verdadeira eficiência para Ohno (Shook & Marchwinski, 2014).....	12
Figura 3 - Importância de eliminar o desperdício de inventário (Bosch, 2013).....	13
Figura 4 - Os sete tipos de desperdícios do BPS (adaptado Bosch, 2013).....	15
Figura 5 - Síntese dos três Ms (Pinto, 2014).....	16
Figura 6 - Casa TPS adaptado (Liker, 2004).....	20
Figura 7 - Trabalho standard é a base para a melhoria contínua (Bosch, 2013).....	23
Figura 8 - VSM com o somatório do TPT e do VA (Bosch, 2013).....	25
Figura 9 - Exemplo de um cartão kanban (Dailey et al., 2003).....	26
Figura 10 - Fluxos de trabalho (adaptado Aneke & Carrie, 1986).....	26
Figura 11 - Layout funcional (Coimbra, 2013).....	27
Figura 12 - Layout por processo (Coimbra, 2013).....	28
Figura 13 - Transformação de um layout funcional para um layout por processo (Coimbra, 2013).....	29
Figura 14 - Kanban-loop (Bosch, 2013).....	30
Figura 15 - Elementos inerentes ao loop de controlo (Bosch, 2013).....	31
Figura 16 - Elementos utilizados na fórmula do cálculo de kanbans (RELOWISA).....	33
Figura 17 – Rtloop (Bosch, 2013).....	34
Figura 18 - Planta Bosch Car Multimedia S.A. Braga (Bosch, 2013).....	36
Figura 19 - Logótipo do Grupo Bosch (Bosch, 2013).....	37
Figura 20 - Unidades de negócio do Grupo Bosch (Bosch, 2013).....	37
Figura 21 - Divisões da unidade de negócios Soluções de Mobilidade.....	38
Figura 22 - Volume de vendas do Grupo Bosch (Bosch, 2013).....	38
Figura 23 - Lema organizacional "We are Bosch" (Bosch, 2013).....	39
Figura 24 - História da Bosch em Portugal (Bosch, 2013).....	40
Figura 25 – Representação da Bosch em Portugal (Bosch, 2013).....	40
Figura 26 - Bosch Car Multimedia Portugal S.A. (Bosch, 2013).....	41
Figura 27 - Clientes da Bosch Car Multimedia (Bosch, 2013).....	41
Figura 28 - Vendas por região da Bosch Car Multimedia (Bosch, 2013).....	42
Figura 29 - Principais produtos da Bosch Car Multimedia (Bosch, 2013).....	42
Figura 30 - Estrutura organizacional da área técnica da Bosch em Braga (Bosch, 2013).....	43

Figura 31 - Estrutura organizacional da área comercial da Bosch em Braga (Bosch, 2013).....	43
Figura 32 - Layout atual da empresa, com identificação das áreas de MOE1 e MOE2 (Bosch, 2013) .	46
Figura 33 - Trajeto do camião entre MOE1 e MOE2 (Bosch, 2013).....	46
Figura 34 – Layout do sistema produtivo da AN3 com as respetivas secções funcionais	47
Figura 35 - Cadeia de valor da AN3, com as rotas dos seus produtos	48
Figura 36 - Value Stream Mapping do produto 2259	50
Figura 37 – Layout 1	54
Figura 38 - Layout 2	54
Figura 39 - Layout 1 com a rota do produto 3611	55
Figura 40 - Layout 2 com a rota do produto 3611	55
Figura 41 - Value stream design do produto 2259	57
Figura 42 - Loops de controlo da AN3.....	59
Figura 43 - Bubble diagrams dos produtos da AN3.....	60
Figura 44 - Loop de controlo da SMD21	61
Figura 45 - Ferramenta Controlo por Consumo (1ª parte) da SMD21 com o layout por processo.....	61
Figura 46 - Ferramenta Controlo por Consumo (2ª parte) da SMD21 com o layout por processo.....	63
Figura 47 - Ferramenta Controlo por Consumo (3ª parte) da SMD21 com o layout por processo.....	64
Figura 48 - Loop de controlo da SMD25.....	65
Figura 49 - Ferramenta Controlo por Consumo (1ª parte) da SMD25 com o layout por processo.....	66
Figura 50 - Ferramenta Controlo por Consumo (2ª parte) da SMD25 com o layout por processo.....	66
Figura 51 - Ferramenta Controlo por Consumo (3ª parte) da SMD25 com o layout por processo.....	66
Figura 52 - Loop de controlo PIS.....	67
Figura 53 - Ferramenta Controlo por Consumo (1ª parte) da PIS com o layout por processo	67
Figura 54 - Cálculos auxiliares da PIS10 e PIS11 com o layout por processo	68
Figura 55 - Ferramenta Controlo por Consumo (2ª parte) da PIS com o layout por processo	68
Figura 56 - Ferramenta Controlo por Consumo (3ª parte) da PIS com o layout por processo	68
Figura 57 - Loop de controlo ICT.....	69
Figura 58 - Ferramenta Controlo por Consumo (1ª parte) do ICT com o layout por processo	69
Figura 59 - Ferramenta Controlo por Consumo (2ª parte) do ICT com o layout por processo	70
Figura 60 - Ferramenta Controlo por Consumo (3ª parte) do ICT com o layout por processo	70
Figura 61 - Loop de controlo do Coating.....	70
Figura 62 - Ferramenta Controlo por Consumo (1ª parte) do Coating com o layout por processo.....	71

Figura 63 - Ferramenta Controlo por Consumo (2ª parte) do Coating com o layout por processo.....	71
Figura 64 - Ferramenta Controlo por Consumo (3ª parte) do Coating com o layout por processo.....	71
Figura 65 - Ferramenta Controlo por Consumo (1º parte) da SMD21 com o layout funcional.....	72
Figura 66 - Ferramenta Controlo por Consumo (2º parte) da SMD21 com o layout funcional.....	72
Figura 67 - Ferramenta Controlo por Consumo (3º parte) da SMD21 com o layout funcional.....	73
Figura 68 - Ferramenta Controlo por Consumo (1º parte) da SMD25 com o layout funcional.....	73
Figura 69 - Ferramenta Controlo por Consumo (2º parte) da SMD25 com o layout funcional.....	74
Figura 70 - Ferramenta Controlo por Consumo (3º parte) da SMD25 com o layout funcional.....	74
Figura 71 – Ferramenta Controlo por Consumo (1º parte) da PIS com o layout funcional.....	75
Figura 72 – Cálculos auxiliares da PIS10 e PIS11 com o layout funcional.....	75
Figura 73 – Ferramenta Controlo por Consumo (2º parte) da PIS com o layout funcional.....	75
Figura 74 – Ferramenta Controlo por Consumo (3º parte) da PIS com o layout funcional.....	76
Figura 75 – Ferramenta Controlo por Consumo (1º parte) do ICT com o layout funcional	76
Figura 76 – Ferramenta Controlo por Consumo (2º parte) do ICT com o layout funcional	77
Figura 77 – Ferramenta Controlo por Consumo (3º parte) do ICT com o layout funcional	77
Figura 78 – Ferramenta Controlo por Consumo (1º parte) do Coating com o layout funcional	78
Figura 79 – Ferramenta Controlo por Consumo (2º parte) do Coating com o layout funcional	78
Figura 80 – Ferramenta Controlo por Consumo (3º parte) do Coating com o layout funcional	78
Figura 81 - Resultados da SMD21.....	80
Figura 82 – Resultados da SMD25	81
Figura 83 - Resultados da PIS.....	82
Figura 84 - Resultados do ICT.....	83
Figura 85 - Resultados do Coating.....	83
Figura 86 - Síntese dos resultados obtidos do supermercado para cada loop de controlo	84
Figura 87 - Informações sobre a SMD21 para cada runner da AN3	89
Figura 88 - Informações sobre a SMD25 para cada runner da AN3	89
Figura 89 - Informações sobre a PIS para cada runner da AN3.....	89
Figura 90 - Informações sobre o ICT para cada runner da AN3.....	90
Figura 91 - Informações sobre o Coating para cada runner da AN3	90
Figura 92 - Diferenças entre os tempos de ciclo para o produto 1226	91
Figura 93 - Diferenças entre os tempos de ciclo para o produto 1458	91
Figura 94 - Diferenças entre os tempos de ciclo para o produto 1672	91

Figura 95 - Diferenças entre os tempos de ciclo para o produto 2259	91
Figura 96 - Diferenças entre os tempos de ciclo para o produto 3611	91
Figura 97 - Diferenças entre os tempos de ciclo para o produto 3886	92
Figura 98 - Símbolos standard relativos ao fluxo de materiais	93
Figura 99 - Símbolos standard relativos ao fluxo de informação	93

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Análise dos produtos da AN3	49
Tabela 2 - Diferença dos tempos de ciclo dos milkruns em ambos os layouts	58

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AN3 – Área de negócios 3

BPS – *Bosch Production System*

CM – *Car Multimedia*

DT – *Delivery Takt*

EPEI – *Every part every interval*

FIFO – *First in First out*

ICT – *In Circuit Test*

JIT – *Just-in-time*

K – Número de *Kanbans*

KPI – *Key Performance Indicator*

LO – *Lot Size Coverage*

LS – *Lot Size*

MFC – *Manufacturing and Site Coordination*

MOE1 – *Manufacturing Operations and Engineering 1*

MOE2 – *Manufacturing Operations and Engineering 2*

NPK – Número de Peças por *Kanban*

OEE – *Overall Equipment Efficiency*

PCB – *Printed Circuit Board*

PDCA – *Plan Do Check Act*

PIS – *Pin Insertion Machine*

POT – *Planned Operation Time*

RE – *Replenishment Time Coverage*

RT – *Replenishment Time*

SA – *Safety Time Coverage*

SMD – *Surface Mounted Device*

TPM – *Total productive maintenance*

TC – *Tempo de Ciclo*

TPS – *Toyota Production System*

TPT – *Throughput Time*

TT – *Takt-time*

VA – *Value Added time*

VSD – *Value Stream Design*

VSM – *Value Stream Mapping*

WA – *Withdrawal Amount*

WI – *Withdrawal Peak Coverage*

WIP – *Work-in-progress*

1. INTRODUÇÃO

Esta dissertação foi realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho. O projeto de dissertação foi desenvolvido na empresa Bosch Car Multimédia S.A., situada em Braga. Neste capítulo, apresentam-se o enquadramento ao tema, a motivação que originou o seu estudo, os objetivos, a metodologia de investigação adotada e, por último, a estrutura do relatório de dissertação.

1.1 Enquadramento

Num cenário cada vez mais competitivo, as empresas e indústrias desenvolvem sistemáticas que apontam para a otimização dos seus resultados, direcionadas para a satisfação do cliente. Nesse sentido, um grande número de empresas tem despendido consideráveis esforços e recursos, no sentido de promover a melhoria contínua do desempenho global e assim garantir uma posição sólida no mercado (Thinking, 2005).

O *Lean Production* tem como objetivo a eliminação dos desperdícios e a criação de valor (Womack, Jones, & Roos, 1990). Esta designação surgiu depois do lançamento do livro “The Machine That Changed the World” de Womack, Jones e Roos, onde se realizou um estudo sobre as empresas de automóveis japonesas Toyota e as empresas americanas do ramo automóvel. Nesse estudo, concluiu-se que as empresas japonesas alcançavam melhores resultados do que as empresas americanas, principalmente devido à aplicação de conceitos *Lean*. Assim, surgiu o conceito *Lean Production*, como sendo o conceito ocidental do Toyota Production System (TPS) de Eiji Toyoda e Taichi Ohno.

Como a base do TPS é a absoluta eliminação dos desperdícios, foi necessário identificá-los para que se pudesse eliminá-los. Ohno (1978) identificou os sete principais tipos de desperdícios: excesso de produção, tempos de espera, transportes, processos inadequados, excesso de stocks (inventário), movimentação desnecessária e defeitos. Para a sustentação do TPS são necessários dois pilares que são: *just-in-time* (JIT) e *Jidoka* (Ohno, 1988). O primeiro pilar, *just-in-time*, significa que o fornecedor produz exatamente o produto certo, na quantidade certa, no momento certo (Ghinato, 2000). O segundo pilar é um aspeto essencial para a qualidade dos produtos, onde as máquinas automáticas, depois da intervenção humana, sejam capazes de detetar anormalidades parando a produção de produtos defeituosos. Estes pilares sustentam a casa TPS (Liker, 2004). O topo da casa TPS representa os principais objetivos deste sistema, ou seja, garantir a melhor qualidade dos produtos ao menor preço e

com baixos *lead times*. Para atingir estes objetivos, é necessário que a base da casa garanta a estabilidade para a construção dos pilares. A base da casa é constituída por produção nivelada (*heijunka*) e processos estáveis e standardizados. *Heijunka* é a produção nivelada e consiste em produzir a mesma quantidade de vários produtos todos os dias (Liker, 2004).

Lean Production teve sempre as suas raízes ligadas à produção, como é o caso do TPS, mas desde então que se desenvolveu e evoluiu para uma filosofia chamada de *Lean Thinking* (Womack, J. P., & Jones, 1996). Esta filosofia é composta por cinco princípios: valor, cadeia de valor, fluxo, produção puxada e perfeição. Valor é aquilo que os clientes querem, qualquer variante que não atenda às necessidades do cliente é oportunidade de melhoria. Cadeia de valor é a sequência de etapas necessárias para satisfazer o cliente, etapas que não acrescentam valor ao produto devem ser eliminadas. O fluxo consegue-se depois de se organizar toda a cadeia de valor eliminando qualquer parte do processo que não acrescente valor, tornando o processo mais fluido. Produção puxada consiste em produzir apenas aquilo que é necessário quando for necessário, ou seja, visa evitar a acumulação de stocks de produtos mediante a produção e fornecimento daquilo que o cliente deseja quando o cliente precisa, nem mais cedo nem mais tarde. Atingindo-se estes objetivos, ou seja, clarificando-se o valor, a cadeia de valor, o fluxo e a produção puxada, alcança-se a perfeição e assume-se o compromisso de continuamente criar valor enquanto o desperdício é eliminado. Trata-se de uma jornada de melhoria contínua (Thinking, 2005).

É neste contexto que na Bosch surgiu o *Bosch Production System* (BPS), inspirado no TPS. O BPS é responsável pela melhoria contínua nas empresas do grupo Bosch e é caracterizado por oito princípios: produção puxada, prevenção de defeitos, orientação do processo, flexibilidade, standardização, transparência, melhoria contínua e, por último, responsabilidade pessoal. Estes são os princípios que guiam a empresa para tornar o sistema produtivo com quatro características: cem por cento de valor adicionado (adicionar valor ao produto sem desperdício), cem por cento de *delivery performance* (nada será entregue nem mais cedo nem mais tarde), zero defeitos (prevenir a ocorrência de defeitos desde o início) e *one-piece-flow* (mover uma peça de cada vez entre as diversas operações).

Este projeto ajudou a empresa a atingir o “verdadeiro norte” e incidiu no sistema produtivo da Bosch. Por isso, foi analisado o *layout* atual do sistema produtivo da empresa (*layout* funcional) e foi feita uma análise das vantagens e desvantagens do *layout* funcional e por processo. No *layout* funcional as máquinas da mesma função são organizadas no mesmo espaço físico, como é o caso da zona de inserção automática da Bosch. No *layout* por processo as máquinas e processos envolvidos encontram-

se juntos e em sequência, este tipo de *layout* é muito importante nas empresas de produção pois cria fluxo na fábrica.

Assim, no âmbito deste projeto criou-se um sistema de apoio à decisão de implementação de *layout* funcional ou por processo, com base em ferramentas *Lean Production*. Com isto a empresa mantém-se mais competitiva no mercado, melhorando o sistema produtivo da mesma, conseguindo a satisfação do cliente de um modo mais eficaz e eficiente.

1.2 Objetivos

Na sequência do enquadramento apresentado pretendeu-se com este trabalho, desenvolver uma ferramenta de análise rápida na tomada de decisão de implementação de *layouts* funcionais ou por processo com base nos princípios *lean*, mais concretamente com base nos princípios do controlo por consumo.

Para atingir esse objetivo foi necessário aplicar conhecimentos que permitiram:

- Diagnosticar e avaliar o *layout* atual da empresa (*layout* funcional) e a necessidade de implementação do controlo por consumo, através do *value stream mapping* (VSM);
- Analisar as vantagens e desvantagens do *layout* funcional, comparativamente com o *layout* por processo;
- Elaborar *layouts* por processo;
- Realizar o *value stream design* (VSD) para definição da situação futura;
- Criar a Ferramenta Controlo por Consumo, com base nos princípios do controlo por consumo;
- Analisar os resultados obtidos.

Para isso, definem-se como medidas de desempenho a melhorar:

- Diminuir o WIP;
- Diminuir a área ocupada pelo supermercado.

1.3 Metodologia de investigação

A metodologia de investigação usada na dissertação foi o *Action Research*. Esta metodologia é caracterizada pela intervenção do investigador na ação do local de investigação. Nesse contexto, para

estudar o problema e atingir o objetivo desta dissertação, o autor foi contratado pela empresa para trabalhar diretamente com os colaboradores responsáveis pela otimização do sistema produtivo.

Nesta investigação foi seguido o ciclo de cinco fases: o diagnóstico, o planeamento de ações (propostas de melhoria), a implementação de ações (propostas de melhoria), a avaliação dos resultados obtidos e a especificação da aprendizagem.

A fase de diagnóstico deste projeto consistiu na definição clara de um fluxo de valor (AN3) e realizou-se uma análise crítica do sistema produtivo da AN3 através do VSM, onde se identificaram oportunidades de melhoria. Nesta fase constatou-se que o *layout* atual da empresa (*layout* funcional) apresentava duas grandes desvantagens, nomeadamente, a elevada distância entre processos e a falta de controlo de produção.

Na segunda fase, planeamento de propostas de melhoria, fez-se uma análise das propostas de melhoria e escolheram-se aquelas que visam a melhoria do desempenho do sistema produtivo.

Na etapa seguinte, implementação das propostas de melhoria, foram propostas melhorias analisadas na etapa anterior com recurso a técnicas/ferramentas *Lean Production*. Tendo sido proposta a alteração do *layout* atual da empresa (*layout* funcional) pelo *layout* por processo, e desenvolvida a Ferramenta Controlo por Consumo, que é uma ferramenta de análise rápida para a tomada de decisão de implementação de *layouts* funcionais ou por processo, com base em ferramenta *lean*.

De seguida realizou-se a análise e discussão dos resultados obtidos, ou seja, comparou-se os indicadores de desempenho com o *layout* funcional e por processo.

Na última etapa desta metodologia fez-se a especificação da aprendizagem numa síntese de principais resultados atingidos, e verificou-se que a quantidade de WIP e a área ocupada pelo supermercado diminuíram com a mudança do *layout* funcional para um *layout* por processo.

Por fim realizou-se a elaboração da dissertação de acordo com os resultados atingidos ao longo do projeto.

1.4 Estrutura da dissertação

No Capítulo 1 está presente o enquadramento do tema da dissertação, os objetivos esperados e a metodologia de investigação utilizada ao longo do projeto.

No Capítulo 2 apresenta-se a revisão bibliográfica, ou seja, as principais contribuições científicas inerentes ao tema da dissertação.

No Capítulo 3 apresenta-se a empresa onde o projeto foi realizado, nomeadamente, as unidades de negócio, os clientes, os produtos, bem como o departamento onde este projeto foi realizado.

No Capítulo 4 descreve-se e analisa-se, criticamente, a situação atual da empresa, em relação ao *layout* do sistema produtivo e à necessidade de implementação do controlo por consumo através da ferramenta VSM. Por último, foram identificados os desperdícios.

No Capítulo 5 apresentam-se as propostas de melhoria, para fazer face aos desperdícios encontrados no capítulo anterior.

No Capítulo 6 é realizada uma análise aos resultados previstos com as propostas de melhoria sugeridas neste projeto.

No Capítulo 7 apresenta-se a conclusão desta dissertação e também propostas para projetos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo apresenta a revisão bibliográfica de algumas teorias e conceitos que suportam a investigação realizada ao longo da dissertação. Assim, são evidenciados, de forma sucinta os conceitos que permitiram o desenvolvimento de uma ferramenta de análise rápida na tomada de decisão de implementação de *layouts* funcionais ou por processo, com base em princípios *lean*.

2.1 Origem da produção *lean*

Alguns conceitos associados à produção *lean* começaram a ser aplicados no início do século XV, onde surgiram os primeiros relatos sobre a eliminação de desperdícios, quando um visitante do Arsenal de Veneza reparou que existia uma área onde as peças de madeira eram organizadas por tamanho. Na altura, os trabalhadores que precisavam de um pedaço de madeira, de um determinado comprimento, dirigiam-se em primeiro lugar à área onde as peças estavam armazenadas para escolherem uma igual ou ligeiramente maior do que o que eles precisavam. Após a escolha, os trabalhadores cortavam o pedaço de madeira até ao comprimento desejado, com a ajuda da peça que tinham escolhido. Desta forma, era possível minimizar o desperdício criado na operação de corte (Dailey, Wieckhorst, & Welch, 2003).

Apesar dos conceitos de eliminação de desperdícios terem sido abordados pelo menos a partir do século XV, foi só em 1732 com o lançamento do livro “Poor Richard’s Almanack” de Benjamin Franklin, que foram publicadas as primeiras ideias sobre a eliminação de desperdícios. No livro são abordados vários temas, sendo que um deles é a eliminação de desperdícios como se pode comprovar pelos seguintes provérbios: “Waste not, want not”; “A penny saved is two pence clear...Save and have”. Neste contexto, é possível afirmar, que Benjamin Franklin foi um dos pioneiros da ideia que eliminando custos desnecessários, ou seja, desperdícios, obtém-se maior lucro do que simplesmente aumentar o total de vendas.

Durante a Revolução Industrial, que durou desde fim do século XVIII até início do século XIX, as ideias de Frederick Taylor ascenderam e assim deu-se início à era da gestão científica. Taylor era um engenheiro mecânico e desenvolveu um conjunto de métodos para a produção industrial que ficou conhecido como o *taylorism*. De acordo com Taylor, um colaborador devia ser responsável por atividades simples e pequenas que fossem fáceis de aprender e analisar, ou seja o colaborador devia apenas fazer a sua tarefa no menor tempo possível durante o processo produtivo e não precisava de ter conhecimento como

se chegava ao resultado final. Desta forma, verifica-se que esta metodologia desenvolveu ideias importantes para a indústria, mesmo nos dias de hoje, nomeadamente no que diz respeito, à padronização, à realização de atividades simples e repetitivas.

Henry Ford por sua vez, devido ao grande aumento da procura dos produtos desenvolveu uma metodologia denominada de *fordism*, que tinha como principal objetivo aumentar a produtividade através da standardização dos seus processos, utilizando linhas de montagem móveis e desdobrando o trabalho dos operários em tarefas simples e de fácil aprendizagem. Foi o primeiro passo para a produção em massa, que teve grande impacto mundial, principalmente na indústria automóvel.

Foi Henry Ford, fundador da *Ford Motor Company* no século XX, que conseguiu implementar os conceitos de eliminação de desperdícios nas operações diárias da sua fábrica. A atitude que Ford adotou foi visível em duas das suas obras, “My life and word” (1922) e “Today and tomorrow” (1926), foram abordados temas como a insensatez de desperdícios que existia na indústria, e a importância do fluxo contínuo de peças (Bosch, 2013).

Em 1926, Sakichi Toyoda desenvolveu uma máquina de teares automática usando o princípio *Jidoka* e o conceito dos “*Five Whys*”, que tinham como objetivo diminuir os desperdícios da fábrica. Através do princípio *Jidoka*, as máquinas de teares paravam automaticamente quando um fio se partisse através de um mecanismo especial. Esta invenção evoluiu para um sistema que se tornou um dos pilares do TPS, chamado automação. Por sua vez, através do conceito dos “*Five Whys*” foi possível perceber a natureza dos problemas e assim, resolver os problemas que ocorriam de uma forma mais eficaz.

Em 1930, Kiichiro Toyoda, filho de Sakichi Toyoda, construiu a Toyota Motor Corporation com base na filosofia do seu pai, mas acrescentou as suas próprias inovações como por exemplo, a abordagem *just-in-time*, conhecida como um dos dois pilares do TPS, que significa produzir o produto certo, nas quantidades requeridas e no momento exato (Ghinato, 2000).

Com o término da Segunda Guerra Mundial, as empresas depararam-se com graves problemas desde a mão-de-obra e o capital económico que eram escassos. Assim sendo, surgiu a necessidade de desenvolver um novo modelo de produção, mais eficiente e com menos desperdícios (Liker, 2004).

Este e outros problemas levaram a Toyota a adotar políticas de corte de custos e levou a que houvesse um descontentamento por parte dos funcionários. Kiichiro Toyoda perante esta realidade decidiu demitir-se do cargo de presidente, assumindo a responsabilidade pelo fracasso da empresa. O seu sacrifício ajudou a mitigar o descontentamento dos colaboradores (Liker, 2004).

Nesta altura, Eiji Toyoda tornou-se presidente da Toyota e ajudou a liderar a empresa durante os anos mais importantes do seu crescimento pós-guerra e também no desenvolvimento do Sistema Produtivo da Toyota (TPS).

Em 1950, Eiji Toyoda juntamente com a sua equipa de administradores viajaram para os Estados Unidos da América para estudarem os conceitos que Henry Ford tinha implementado nas suas fábricas, mais concretamente a produção em massa. Nessa altura, repararam que o sistema de Ford não era o ideal, isto porque era um sistema que apesar de produzir elevadas quantidades a um reduzido custo não tinha flexibilidade produtiva, ou seja produzia pouca variedade de produtos e exigia um elevado número de recursos, tanto de matéria-prima como de mão-de-obra. Por outro lado, a Toyota precisava de fabricar pequenos volumes de modelos diferentes utilizando a mesma linha de montagem. Eiji Toyoda quando retornou da viagem atribuiu uma tarefa ao administrador da sua empresa, Taiichi Ohno, que consistia em aperfeiçoar o processo de produção da Toyota de modo que se igualasse à produtividade das empresas de Ford (Liker, 2004).

Nesse sentido, Taiichi Ohno após lhe ter sido atribuída a tarefa por Eiji Toyoda, decidiu visitar as empresas de Ford e também estudar o livro "Today and Tomorrow" de Ford, isto porque Ohno acreditava que a Toyota necessitava de dominar o fluxo contínuo de peças e o melhor exemplo era a linha de montagem da Ford. Nesta fase foi possível constatar que o fluxo contínuo da Ford apresentava grandes problemas para a Toyota, como por exemplo, o elevado WIP na cadeia de valor (Womack et al., 1990). A Toyota atravessava um momento delicado e não podia criar tanto WIP e ter tantas perdas, mas Ohno acreditou que a ideia de Ford para o fluxo contínuo de peças podia ser utilizada pela Toyota. Assim, desenvolveu-se um sistema de fluxo unitário de peças que flexivelmente se alterasse consoante o comportamento do cliente e que ao mesmo tempo fosse eficiente. Desta forma, foram dados os primeiros passos para a criação do famoso TPS (Toyota Production System).

Na década de 1950, Ohno retornou à Toyota para conseguir concluir a tarefa que lhe tinha sido atribuído pelo presidente, Eiji Toyoda, que consistia em igualar a produtividade das empresas de Ford. Nesta altura, a Toyota continuava com sérios problemas, mas estava armada com engenheiros, administradores e operários dedicados que faziam tudo o que tivesse ao seu alcance para ajudar a empresa a sair desta situação. Ohno, com isso, deu início à implementação da automação e do fluxo unitário de peças nas fábricas da Toyota. Depois de muitos anos de prática, Ohno e a sua equipa propuseram o TPS (Toyota Production System).

Uma ideia muito importante, desenvolvida por Ohno e a sua equipa, foi o conceito de produção puxada, inspirado nos supermercados americanos. Nos supermercados a reposição do material era provocada

pelo consumo do mesmo, basicamente, quando o material começava a escassear (atingia o limite mínimo) era repostado. Nas fábricas o que acontecia é que o processo cliente produzia, e quando se atingia a quantidade mínima desse material, um sinal (*kanban*) era enviado para o processo fornecedor para ele repor o que tinha sido consumido. Sem este sistema de reposição de material (sistema puxado), um dos pilares do TPS, *just-in-time* (JIT), jamais teria evoluído. O JIT é um conjunto de princípios, ferramentas e técnicas que permite a entrega do produto correto, na hora e na quantidade exata, ou seja, permitiu à Toyota corresponder às mudanças diárias de encomendas dos clientes, que era o que precisava (Liker, 2004). W. Edwards Deming, também, teve um papel fulcral no desenvolvimento do TPS. Ele ampliou a definição de cliente, onde incluiu os clientes internos e externos, ou seja, cada pessoa ou máquina numa linha de produção deve ser tratada como um cliente e deve sempre receber o que necessita na hora exata. Este princípio de Deming consistia em “o próximo processo é o cliente”, este princípio foi considerado um dos mais importantes para a evolução do JIT. Deming é, também, considerado um dos pioneiros da melhoria contínua (*kaizen* em japonês), pois foi ele que incentivou os japoneses a adotarem um método sistemático para resolução de problemas, mundialmente conhecido como ciclo PDCA ou ciclo de Deming. Esta era a base para a melhoria contínua e consistia, basicamente, em realizar melhorias (mesmo que fossem pequenas melhorias) e atingir um determinado objetivo para eliminação de desperdícios. Esta filosofia, *kaizen*, luta pela perfeição e suporta o TPS diariamente, o lema é “Hoje melhor que ontem, amanhã melhor que hoje” (Liker, 2004).

Na década de 1960, o TPS era uma filosofia poderosa, mas ainda não era reconhecido como tal. Em 1973, com a crise do petróleo que levou o mundo a uma recessão, e a indústria japonesa não foi exceção. Nesta altura, a filosofia do TPS sobressaiu, pois, a Toyota ficou por pouco tempo em recessão e ultrapassou esta fase mais rápido que as outras empresas.

Finalmente, na década de 1990 através do *best-seller* “The Machine that Changed the World” (Womack, Jones, Roos, 1991), a comunidade industrial internacional descobriu a produção *lean*, o termo dos respetivos autores, para o TPS que, basicamente, tem como objetivo a eliminação de desperdícios e a criação de valor (Womack et al., 1990). Neste livro é feito um estudo sobre as empresas de automóveis japonesas Toyota e as empresas americanas do mesmo ramo de negócio. Neste estudo concluiu-se que as empresas japonesas tinham melhores resultados que as empresas americanas, principalmente devido à aplicação de conceitos *lean*.

A Toyota foi introduzida pela família Toyoda e, apesar de ser Ohno o criador do TPS, devemos sempre começar pela família Toyoda para o compreendermos (Liker, 2004).

A produção *lean* é um sinónimo do TPS e o principal objetivo desta metodologia é usar corretamente os conceitos, ferramentas ou técnicas de maneira a melhorar a qualidade, os custos e as entregas dos produtos ao cliente num ambiente de produção livre de desperdícios (Dailey et al., 2003).

2.2 Análise dos diferentes tipos de desperdícios

Todos os processos são compostos por três tipos de atividades: atividades que acrescentam valor ao produto, atividades que não acrescentam valor ao produto, mas são necessárias e atividades que não acrescentam valor ao produto e são desnecessárias (Bosch, 2013). O processo de montagem de uma caneta é um bom exemplo para exemplificarmos estes três tipos de atividades: alcançar a caneta e colocá-la à nossa frente (atividade que não acrescenta valor e é desnecessária, ou seja deve ser eliminada), depois pegar na tampa e encaixar na caneta que já estava próxima do operador (atividade que não acrescenta valor, mas é necessária) e por fim a montagem da caneta com a tampa é finalizada quando um clique soa (atividade que acrescenta valor). Na Figura 1 está representado o conjunto de atividades acima descrito.



Figura 1 – Diferentes tipos de atividades

É possível afirmar que em todos os tipos de atividades podemos encontrar desperdícios, desde as atividades realizadas no *gemba* (área produtiva em japonês) até às atividades administrativas das organizações (Bosch, 2013).

Para Hines, Silvi e Bartolini (2003) desperdício significa todas as atividades que não representam valor acrescentado para o cliente, ou seja qualquer atividade que use recursos da empresa e aumente os custos, mas que não cumpre as especificações do cliente são consideradas desperdício.

Para Ohno (1988) devemos ter em consideração dois pontos antes de pensar na eliminação total do desperdício:

1. O aumento da eficiência apenas faz sentido se estiver associado à redução de custos, ou seja, produzir apenas o que é necessário com o mínimo de colaboradores;
2. Visualizar a eficiência de cada colaborador e de cada linha, depois observar os colaboradores como um grupo, e posteriormente a eficiência de toda a fábrica. A eficiência deve ser melhorada continuamente passo a passo e, simultaneamente, para a fábrica como um todo.

Na Figura 2 está representado o significado da verdadeira eficiência para Ohno.

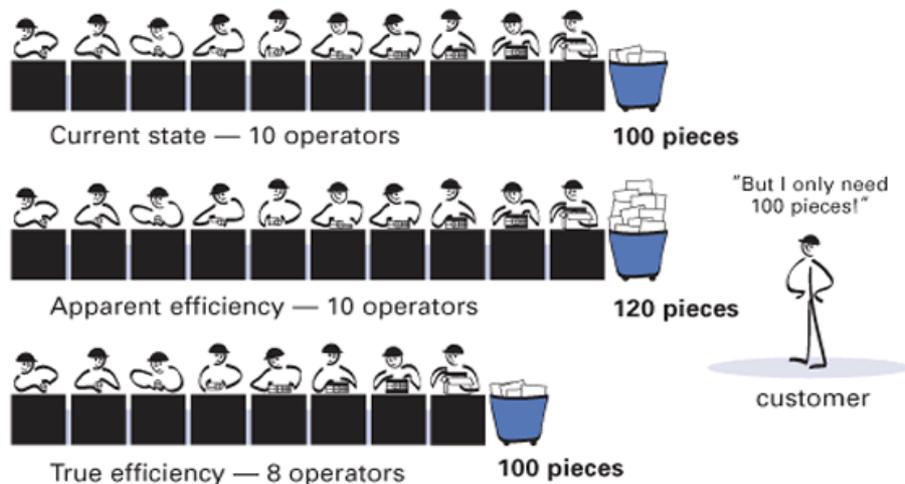


Figura 2 – Verdadeira eficiência para Ohno (Shook & Marchwinski, 2014)

Na Figura 2 está ilustrado a confusão comum entre eficiência aparente e eficiência verdadeira com um exemplo de dez pessoas a produzir 100 peças por dia. Assim, verifica-se que se melhorarmos o processo e as pessoas conseguirem produzir cento e vinte peças por dia, há um aparente ganho de 20% em eficiência. Mas isso só era verdade se o cliente precisasse de 120 peças. Como o cliente só precisa de 100 peças, a única maneira de aumentar a eficiência do processo é descobrir uma forma de produzir as 100 peças, a única maneira de aumentar a eficiência do processo é descobrir uma forma de produzir as 100 peças com menos esforço e capital, como por exemplo diminuir as pessoas (de dez para oito) e produzir as 100 peças.

Posto isto, Ohno (1988) explicou os 3M's: *Muda*, *Mura* e *Muri*, que representam o sistema de desperdícios do TPS.

Muda são todas as atividades que usam recursos da empresa, mas não representam valor acrescentado para o cliente. Estas atividades podem ser divididas em 7 tipos (Ohno, 1988):

1. **Sobreprodução:** representa a produção mais cedo ou em maior quantidade daquela requerida pelo cliente. A sobreprodução leva ao aumento dos custos de transporte, stock e colaboradores

devido ao excedente de inventário (Morgan & Liker, 2006). A sobreprodução é considerada o maior dos desperdícios, pois origina todos os outros. Para evitar este desperdício pode-se implementar a produção puxada que garantirá que só se produz de acordo com as necessidades do cliente (Bosch, 2013).

2. **Defeitos:** representa a produção de peças que não atendem às especificações requeridas pelo cliente. A reparação destes produtos, a criação de sucata, a produção para reposição e a inspeção significa perda de tempo e esforço o que gera desperdícios (Morgan & Liker, 2006). Para evitar defeitos é necessária qualidade na fonte, porque a inspeção só deteta o erro e não a causa raiz, o que não soluciona o problema (Amaro & Pinto, 2007).
3. **Transportes:** representa o transporte de WIP (trabalho em progresso), matéria-prima ou produto acabado de uma etapa para a etapa seguinte do processo, mesmo que seja uma pequena distância. Este desperdício leva a um aumento de custos pois está diretamente relacionado com o tempo despendido para a movimentação de produtos. Existem várias formas para se reduzir este problema como por exemplo a correção de *layouts* e a utilização de células de produção (Amaro & Pinto, 2007).
4. **Inventário:** representa o excesso de matéria-prima, WIP ou produto acabado. Este desperdício esconde problemas como o não balanceamento da produção, entregas atrasadas dos fornecedores, defeitos, tempos de *setup* elevados (Morgan & Liker, 2006). A implementação do nivelamento da produção e da produção puxada são maneiras para combater este problema (Amaro & Pinto, 2007). Na Figura 3 está representada a importância de reduzir o desperdício de inventário.

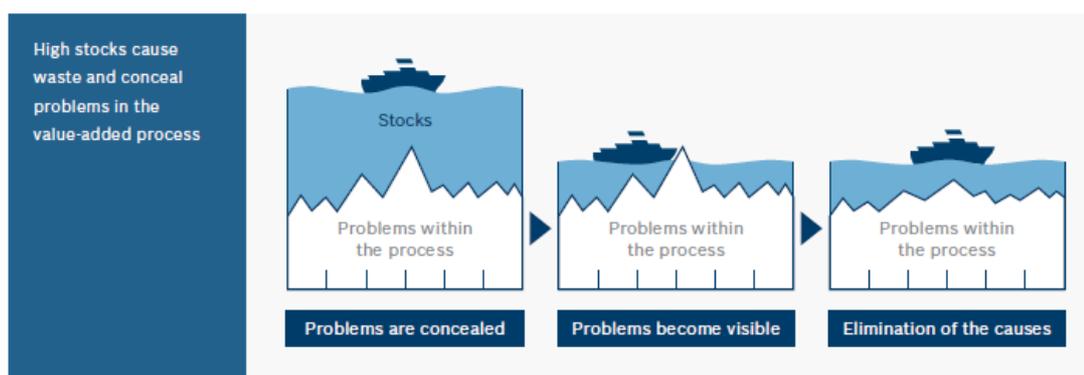


Figura 3 - Importância de eliminar o desperdício de inventário (Bosch, 2013)

Na primeira imagem da Figura 3 podemos reparar que os problemas existentes no processo estão escondidos devido ao excesso de inventário. Ao reduzirmos o inventário colocamos os

problemas à “superfície”, ou seja, tornam-se transparentes (imagem seguinte). Por último, tomam-se medidas para resolver os problemas e estes diminuem tornando o processo mais estável e ágil e também com menor inventário (Bosch, 2013).

5. **Processamento incorreto ou em excesso:** representa a utilização incorreta ou excessiva de ferramentas ou processos relativamente aos requisitos do cliente. Este desperdício é gerado devido à falta de normalização dos processos, recurso a ferramentas inadequadas e escassez de know-how dos colaboradores. A qualificação dos colaboradores e a utilização de ferramentas adequadas são maneiras para reduzir este desperdício (Bosch, 2013).
6. **Movimentação:** representa todas as movimentações corporais realizadas pelos colaboradores que não estão diretamente relacionadas à agregação de valor ao produto (Liker, 2004), como por exemplo procurar ferramentas. A qualidade e a produtividade da empresa são afetadas devido a este desperdício (Bicheno, 2008). Este desperdício é comum em empresas onde a sequência de trabalho é incorreta, onde existe falta de ergonomia e também em empresas que têm *layouts* desajustados. Uma forma para combater este problema é através da normalização dos processos (Bosch, 2013).
7. **Esperas:** representa a quantidade de tempo perdido pelos colaboradores ou máquinas quando estão à espera para realizar as suas tarefas. Este desperdício afeta a eficiência da empresa, que pode conduzir ao aumento dos custos com os colaboradores, visto que terão de recorrer a horas extraordinárias para compensar os atrasos (Ortiz, 2006). A implementação do nivelamento na produção é uma maneira para combater este problema (Bosch, 2013).

Para além destes sete desperdícios ou *mudas* mencionados por Ohno (1988) vários autores como Liker (2004) e Ortiz (2006) defendem que existe mais um desperdício: o não aproveitamento do potencial criativo dos colaboradores. Deste modo desperdiça-se as habilidades dos colaboradores o que condiciona a implementação de melhorias e crescimento da empresa.

Para o BPS (2013) existem também sete tipos de desperdícios, mas são apresentados de uma forma ligeiramente diferente do TPS, que são: superprodução; stock excessivo; espaço; movimentos desnecessários; transporte; tempos de espera; erros ou retrabalho. Na Figura 4 estão representados os sete desperdícios mencionados pelo BPS.



Figura 4 - Os sete tipos de desperdícios do BPS (adaptado Bosch, 2013)

Mura representa o desnivelamento dos processos, ou seja, refere-se às inconsistências e irregularidades do trabalho ou máquinas. Apesar das irregularidades serem inerentes aos processos, o objetivo é eliminá-las e tornar os processos cada vez mais estáveis. Um exemplo de *mura* é a utilização de máquinas novas, mas que dependem de máquinas mais velhas, com maior tempo de ciclo que as novas, no processo anterior. Por conseguinte faz com que haja um desnivelamento dos processos diminuindo o fluxo. A implementação do sistema JIT é uma forma para combater este problema, pois obrigará a produzir apenas o que é preciso, nas quantidades requeridas e quando o cliente pede.

Por último, *Muri* está relacionado com a sobrecarga que existe na empresa, ou seja, é o excesso irracional de carga que faz com que as máquinas ou colaboradores ultrapassem os seus limites naturais. Um exemplo de *muri* é a utilização de ferramentas pouco adequadas que aumentam o esforço do colaborador. Uma das formas para combater este problema é através da implementação do trabalho standard.

Na Figura 5 estão sintetizados os 3Ms: *Muda, Mura, Muri*.

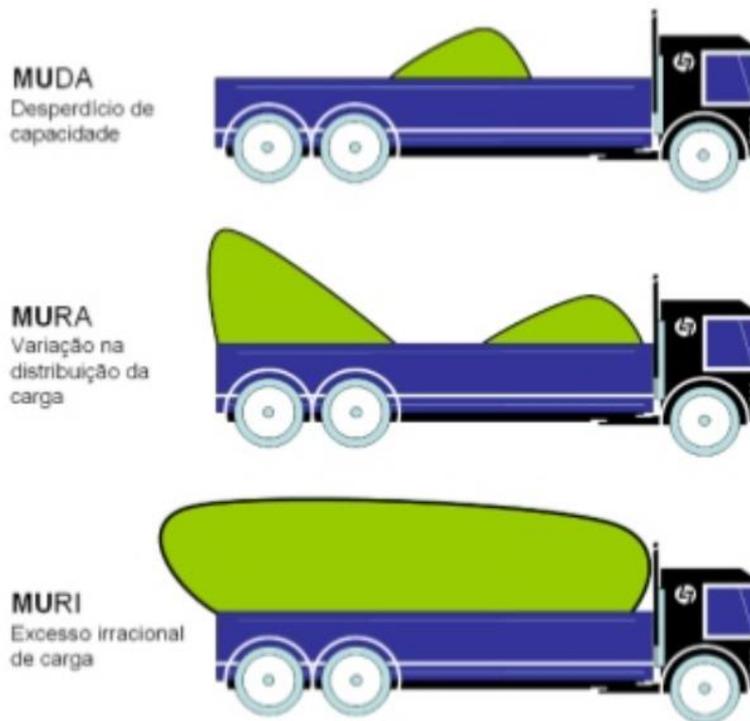


Figura 5 - Síntese dos três Ms (Pinto, 2014)

Estes 3 conceitos, *muda*, *mura* e *muri* estão interrelacionados da maneira em que a produção irregular (*mura*) leva à sobrecarga do sistema (*muri*) que por sua vez gera desperdícios (*muda*).

2.3 A evolução da produção *lean* para filosofia *lean*

A produção *lean* tem como objetivo eliminar desperdícios e criar valor, nunca perdendo o foco na satisfação do cliente (Womack, J. P., & Jones, 1996).

A produção *lean* teve origem no Japão, logo após a Segunda Guerra Mundial devido à necessidade de se desenvolver um novo modelo de produção mais eficiente e com menos desperdícios (Liker, 2004). A filosofia *lean* também surgiu de uma necessidade, porque muitas empresas que queriam implementar a produção *lean* não sabiam como o fazer. O problema não residia na implementação de técnicas *lean* ou como organizar as equipas de trabalho, mas sim no facto de as organizações não saberem quais os princípios que deviam seguir para guiarem as suas ações no sentido de se tornarem organizações *lean* (Womack, J. P., & Jones, 1996)

A produção *lean* teve sempre as suas raízes ligadas à produção, como é o caso do TPS, mas desde então que se desenvolveu e evoluiu para uma filosofia chamada de *lean thinking* (Womack, J. P., & Jones, 1996).

“A filosofia *lean* pode ser simplificada em cinco princípios: especificar claramente o valor para cada produto, identificar a cadeia de valor para cada produto, criar fluxo de valor sem interrupções, deixar o cliente puxar o valor do fornecedor e procurar a perfeição.” (Womack, J. P., & Jones, 1996). Estes princípios servem para guiar as ações das organizações de maneira a que estas se tornem organizações *lean*. Se estes princípios forem bem compreendidos individualmente e, posteriormente, como um todo as organizações serão capazes de aplicar as técnicas *lean* e manter um percurso estável.

Nesse sentido, os cinco princípios da filosofia *lean* são:

1. **Valor:** o ponto de partida da filosofia *lean* deve começar com uma tentativa consciente de definir valor precisamente, para um produto em específico com certas especificações e a um determinado preço, através de um diálogo com certos clientes. Para definir valor as organizações devem ignorar as tecnologias e ativos existentes e reformular a organização com base nas linhas de produção com equipas fortes e dedicadas a estas linhas. Um exemplo para percebermos como se deve ou não definir valor são as indústrias aéreas. Do ponto de vista do cliente a equação para definir valor é muito simples: chegar ao local desejado desde o sítio onde se encontra, com segurança, com o mínimo de confusão e a um preço razoável. Em contraste, as indústrias aéreas usam os ativos existentes para definir valor, ou seja, usam aviões grandes e destinos que às vezes não vão de encontro às exigências do cliente. Para atenuar estas falhas as indústrias aéreas criam sistemas de entretenimento e lugares executivos, e, por conseguinte, criam-se *mudas*. Em suma, definir corretamente valor é o primeiro passo crítico na filosofia *lean*. Oferecer um serviço ou produto final errado é o caminho certo para criar desperdícios (Womack, J. P., & Jones, 1996).
2. **Cadeia de valor:** identificar a cadeia de valor para cada produto ou família de produtos é o próximo passo da filosofia *lean*. Cadeia de valor é o conjunto de ações necessárias para produzir um certo produto ou serviço requerido pelo cliente, através de três atividades críticas de gestão de qualquer negócio: resolução de problemas (desde a conceção até à entrega); gestão da informação (desde que se recebe a ordem de produção até ao registo da entrega); transformação (desde a matéria-prima até ao produto final ou serviço nas mãos do cliente). Através da análise da cadeia de valor pode-se constatar que existem três tipos de atividades, referidas anteriormente, que são: atividades que acrescentam valor; atividades que não acrescentam valor, mas são necessárias; atividades que não acrescentam valor, e são desnecessárias. De realçar, que as duas últimas atividades referidas representam *mudas* e, que por isso, devem ser eliminadas. Um exemplo para percebermos como criar uma cadeia de valor é a empresa Pratt

& Whitney, que produz motores para aeronaves. Esta empresa criou uma cadeia de valor onde existiam quatro etapas de produção, mas nenhuma delas sabia que atividades eram realizadas nas outras três etapas. O que se concluiu foi que havia processos que estavam a sobre processar as matérias-primas sem necessidade, criando grandes quantidades de desperdício. Quando a empresa avaliou a cadeia de valor, reparou nestes problemas e em menos de um ano reduziram drasticamente a quantidade de desperdícios. O que mudou foi que a empresa avaliou a cadeia de valor como um todo e não processo a processo, através das três atividades críticas de gestão (resolução de problemas, gestão da informação e transformação). Em suma, a filosofia *lean* deve avaliar a organização como um todo, ou seja, avaliar o conjunto de atividades que produzem o produto ou serviço requerido pelo cliente através das três atividades críticas de gestão e, posteriormente eliminar ou reduzir todas as atividades que não acrescentam valor ao produto (Womack, J. P., & Jones, 1996).

3. **Fluxo:** criar fluxo nas atividades que acrescentam valor ao produto é o próximo passo da filosofia *lean*, “um passo verdadeiramente deslumbrante” (Liker, 2004). Este passo requer uma mudança de paradigma, ou seja, alterar a convicção do senso comum de que os departamentos devem ser agrupados por tipo e com grandes lotes de produção para que sejam mais eficientes e geridos mais facilmente. Esta abordagem mantém os departamentos e os equipamentos extremamente ocupados, o que torna difícil ou impossível visualizar à primeira vista a falsa eficiência da organização. Esta perspectiva leva a que muitas organizações sejam incapazes de reformular as suas tarefas para que seja possível um fluxo contínuo de peças e, por conseguinte, tornar o trabalho mais eficiente. Após a Segunda Guerra Mundial, Taiichi Ohno juntamente com os seus colaboradores concluíram que o verdadeiro desafio era criar o fluxo contínuo através de pequenos lotes de produção, quando eram produzidas dezenas ou centenas de produtos iguais. Ohno e os seus colaboradores atingiram o fluxo contínuo para pequenos volumes de produção por aprenderem a trocar, rapidamente, as ferramentas de um produto para o próximo e através do dimensionamento correto das máquinas, de modo que, os produtos seguissem o fluxo contínuo. O grande problema desta abordagem é que o pensamento de fluxo contínuo é contraintuitivo, apesar dos benefícios que acarreta serem fáceis de demonstrar. Existem várias organizações, que num dia alteraram a sua organização de departamentos e grandes lotes de produção para equipas dedicadas a uma cadeia de valor e fluxo contínuo, e, por conseguinte, duplicaram a produtividade e reduziram os defeitos. Em suma, a filosofia *lean* defende que a organização das empresas deve ser reformulada para que as funções dos departamentos

possam contribuir positivamente para a criação de valor e para atender às necessidades dos colaboradores ao longo da cadeia de valor, de modo que seja do seu interesse criar um fluxo contínuo de peças (Womack, J. P., & Jones, 1996).

4. **Puxar:** puxar é o passo seguinte da filosofia *lean*. Este conceito significa, basicamente, em produzir apenas aquilo que é necessário quando for necessário, ou seja, ninguém a montante (relativo à cadeia de valor) deve produzir, um produto ou serviço, até que o cliente a jusante a “peça”. A melhor maneira para se perceber a lógica de puxar é começar com um cliente real a fazer uma encomenda e trabalhar no sentido inverso, da cadeia de valor, através de todos os processos necessários para entregar o produto desejado ao cliente (Womack & Jones, 1997). O objetivo de puxar é ter um sistema produtivo capaz de produzir de acordo com o *takt-time* (cadência que o cliente exige um produto ou serviço) e de acordo com as ordens do cliente. Por conseguinte, consegue-se reduzir lead times (tempo desde que o cliente faz a encomenda até à chegada da mesma ao cliente) e inventário até ao mínimo possível (Bosch, 2013).
5. **Perfeição:** após as organizações definirem valor com precisão, identificarem a cadeia de valor, criarem fluxo contínuo nas etapas que acrescentam valor ao produto e deixarem os clientes puxar o valor, surge o quinto e último princípio da filosofia *lean* a perfeição (Womack & Jones, 1997). A perfeição traduz-se na completa eliminação de desperdícios, ou seja, a cadeia de valor só é composta por atividades que acrescentam valor (Thinking, 2005). A perfeição só pode ser atingida após as outras etapas da filosofia *lean* serem implementadas na medida em que: criar fluxo contínuo nas atividades que acrescentam valor expõe desperdícios ocultos, que depois poderão ser removidos; quanto mais o cliente puxar o valor, mais impedimentos para o fluxo contínuo são revelados, para depois poderem ser removidos; equipas dedicadas ao produto conseguem especificar valor, mais precisamente, através de negociações com os clientes. O fato de numa organização todos os colaboradores terem acesso a dados corretos, faz com que seja mais fácil descobrir melhores opções para se criar valor e eliminar desperdícios, ou seja, o maior impulsionador da perfeição é a transparência (Womack & Jones, 1997). Em suma, a perfeição é uma jornada de melhoria contínua, ou seja, é o compromisso de continuamente procurar os meios ideais para criar valor, enquanto o desperdício é eliminado (Thinking, 2005).

2.4 Casa TPS

Os princípios da filosofia *lean* são implementados através da aplicação de práticas e ferramentas *lean*. Liker (2004) ilustrou o TPS e as ferramentas *lean* mais comuns através de uma casa, conhecida como

a casa TPS. Esta estrutura de representação foi desenvolvida por Fujio Cho com o objetivo de facilitar a aprendizagem do TPS. Na Figura 6 está representada a casa TPS.



Figura 6 - Casa TPS adaptado (Liker, 2004)

Os dois pilares necessários à sustentação da casa TPS são:

1. **Just-in-time (JIT)** – esta filosofia defende que se deve produzir o produto certo, na quantidade certa e no momento exato (Ghinato, 2000). Com a implementação do JIT cria-se um fluxo eficiente e rápido sem a necessidade de inventário (Morgan & Liker, 2006). Este sistema emerge devido à necessidade de pautar o ritmo de produção às necessidades dos clientes com base no *takt-time* (Ohno, 1988).
2. **Jidoka** – o segundo pilar é um aspeto essencial para a qualidade dos produtos, “uma máquina com inteligência humana”, onde a inteligência é aplicada nas máquinas com o intuito de parar a produção quando ocorrem defeitos (Morgan & Liker, 2006). Shingo e Dillon (1989) afirmaram que *jidoka* simboliza a qualidade na fonte, tornando os problemas visíveis com o intuito de melhorar continuamente o sistema.

O topo da casa representa os principais objetivos do TPS, ou seja, garantir a melhor qualidade dos produtos ao menor preço e com baixos *lead times*. Estes objetivos devem ser atingidos com segurança e através do envolvimento de todos os colaboradores (Liker, 2004).

A base da casa tem de garantir a estabilidade necessária para a construção dos pilares e, por isso, é constituída por produção nivelada (*heijunka* em japonês), processos standards e estáveis e gestão visual. *Heijunka* é a produção nivelada e consiste em fazer a mesma quantidade de vários produtos todos os dias (Liker, 2004). Após a implementação da produção nivelada surgem a estabilidade e standardização dos processos, que garantem a estabilidade necessária da casa TPS (Morgan & Liker, 2006).

O coração da casa é a melhoria contínua (*kaizen* em japonês), esta filosofia de gestão enfatiza a participação de todas as pessoas, onde cada processo é continuamente avaliado e reavaliado com o intuito de eliminar todos os desperdícios existentes (Morgan & Liker, 2006).

2.5 Ferramentas *lean*

A filosofia *lean* tem por base tornar uma organização mais competitiva a todos os níveis, deduzindo custos, eliminando desperdícios, apostando sempre na melhoria contínua da qualidade, em busca de uma maior satisfação do cliente.

Nesse sentido ao longo desta secção são apresentadas algumas ferramentas *lean* que suportam esta filosofia.

2.5.1 5S

A metodologia 5S tem como objetivo organizar, limpar, desenvolver e manter um ambiente de trabalho produtivo (Dailey et al., 2003). O nome 5S representa a primeira letra dos cinco passos de implementação que são:

1. ***Seiri*** (separação): esta é a primeira etapa para a implementação da metodologia 5S e tem como objetivo manter no local de trabalho apenas o que é estritamente necessário (Bosch, 2013). Ou seja, os itens necessários são separados dos itens desnecessários, e os que não são usados são removidos (Dailey et al., 2003).
2. ***Seiton*** (organização): esta etapa tem como objetivo organizar a área de trabalho, ou seja, definir locais para todos os itens, onde cada item tem um local destinado (Bosch, 2013). A acessibilidade deve priorizar a frequência de uso, isto é, os itens com maior frequência de uso devem ficar o mais próximo possível (Dailey et al., 2003).

3. **Seiso** (limpeza): a terceira etapa da metodologia tem como objetivo limpar o local de trabalho e os equipamentos, ou seja, remover tudo aquilo que possa causar impacto negativo nas atividades diárias (Bosch, 2013). A limpeza do local deve ser vista como uma inspeção aos equipamentos e segurança (Dailey et al., 2003).
4. **Seiketsu** (padronização): a quarta etapa tem como objetivo estabelecer standards que suportem as últimas 3 etapas da metodologia (*seiri*, *seiton* e *seiso*) (Bosch, 2013). Visto que, sem uma sistemática é fácil que as melhorias desapareçam e volta-se para a situação inicial (Imai, 2005).
5. **Shitsuke** (disciplina): a última etapa desta metodologia tem como objetivo sustentar as regras, standards e regulações que foram aplicadas nas etapas anteriores (Bosch, 2013). Para Imai (2005) esta é a última fase da metodologia 5S e significa autodisciplina, ou seja, fazer com que as etapas da metodologia sejam vistas como tarefas diárias do trabalho.

2.5.2 Trabalho standard

O trabalho standard é uma metodologia que é utilizada para definir o que cada operador deve fazer, com a sequência correta e o tempo necessário para concluírem as suas tarefas (Ortiz, 2006). Ainda segundo Ortiz, o trabalho standard serve para eliminar as variabilidades dentro do processo, e assim os operadores fabricam produtos com qualidade.

Existem três elementos que são inerentes ao trabalho standard: o tempo de ciclo (TC), que é o tempo necessário para a realização de uma tarefa; o WIP (*work-in-progress*), que é a quantidade de inventário existente entre operações necessária para a execução do trabalho; a sequência de operações, que é a ordem pela qual as operações ou tarefas devem ser realizadas (Pegels, 1984).

Segundo Ortiz (2006), o *takt-time* também é um conceito importante para a realização do trabalho standard, pois é o tempo necessário para completar uma unidade com o intuito de satisfazer a produção, ou seja, é o tempo que o cliente requer uma peça.

O trabalho standard é a base para a melhoria contínua, uma vez que desvios aos standards são detetados e, assim, tornam-se os processos mais transparentes, como mostra a Figura 7.

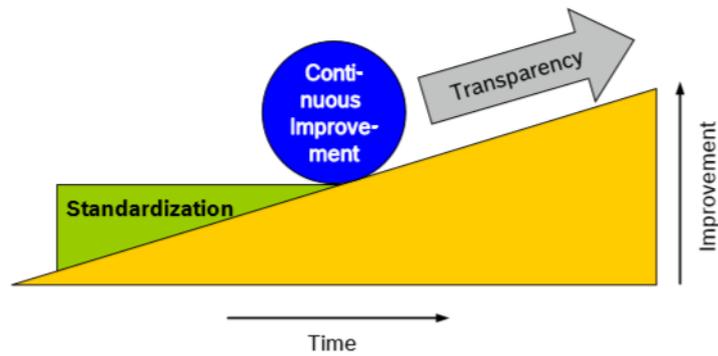


Figura 7 - Trabalho standard é a base para a melhoria contínua (Bosch, 2013)

2.5.3 Value stream mapping (VSM)

O VSM é uma ferramenta que ajuda a visualizar e perceber o fluxo de material e de informação de um produto ao longo da cadeia de valor. Para aplicar esta ferramenta deve-se seguir o caminho de um produto desde o cliente até ao fornecedor, e desenhar uma representação visual do fluxo de material e de informação de cada processo. Com esta ferramenta percebe-se onde se cria valor e as fontes de desperdício (Rother & Shook, 2003).

Para usar esta ferramenta é necessário a execução de quatro fases:

1. Selecionar um produto ou família de produtos: nesta fase deve-se identificar o produto ou família de produtos que serão analisados.
2. Desenhar o estado atual: nesta etapa deve-se recolher informação no *gemba* para desenhar o estado atual e identificar os desperdícios (no Anexo IV – Value Stream Mapping está representado um VSM).
3. Desenhar o estado futuro: nesta etapa deve-se desenhar o estado futuro, tendo em conta as propostas de melhoria, com o objetivo de eliminar os desperdícios identificados. Na Bosch (2013), o mapeamento do estado futuro é designado por VSD (*value stream design*) (no Anexo V – Value Stream Design está representado um VSD)
4. Implementar as propostas de melhoria: nesta fase deve-se planear como se implementará as propostas de melhoria desenhadas no estado futuro. Depois destas medidas serem implementadas deve-se desenhar um novo estado futuro. Deve existir sempre um mapeamento do estado futuro.

Para desenhar o estado atual deve-se (Bosch, 2013):

- Percorrer o fluxo de materiais no sentido inverso (desde o cliente até ao fornecedor);

- Desenhar o fluxo de materiais e de informação com símbolos standard (no Anexo III – Símbolos standard utilizados no VSM e VSD estão representados os símbolos standard utilizados na Bosch);
- Registrar informação real e não informação standard;
- Calcular o somatório do tempo de atravessamento (TPT) e o somatório das atividades que acrescentam valor (VA).

Para calcular o TPT e o VA deve-se:

Em primeiro lugar calcular o *takt time* do cliente através da seguinte fórmula:

$$\textit{takt time} = \frac{POT}{n^{\circ} \textit{peças encomendadas pelo cliente}}$$

De realçar que ambas as variáveis devem ser avaliadas no mesmo período de tempo, por exemplo se usarmos o POT diário, teremos de usar as encomendas do cliente por dia. O POT (*planned operation time*) é o tempo de produção menos as pausas planeadas.

De seguida deve-se calcular os tempos de espera, os tempos de transporte e o tempo de atravessamento do processo através das seguintes fórmulas:

$$\textit{Tempos de espera} = n^{\circ} \textit{de peças} \times \textit{takt time}$$

$$\textit{Tempos de transporte} = \textit{tempo de ciclo do milkrun}$$

$$\textit{Tempo de atravessamento} = DT \times WIP$$

$$\textit{Delivery takt} = \frac{\textit{tempo de ciclo}}{OEE}$$

A soma dos tempos de espera, transporte e atravessamento é igual ao somatório do TPT.

Por último calcula-se o somatório das atividades que acrescentam valor, ou seja, somar em todos os processos envolvidos o tempo que se acrescenta valor ao produto.

Na Figura 8 está representado parte de um VSM, com os respetivos tempos de espera (*waiting time*), transporte (*transport time*) e atravessamento do processo (*process throughput time*), bem como o somatório das atividades que acrescentam valor (*value added time*).

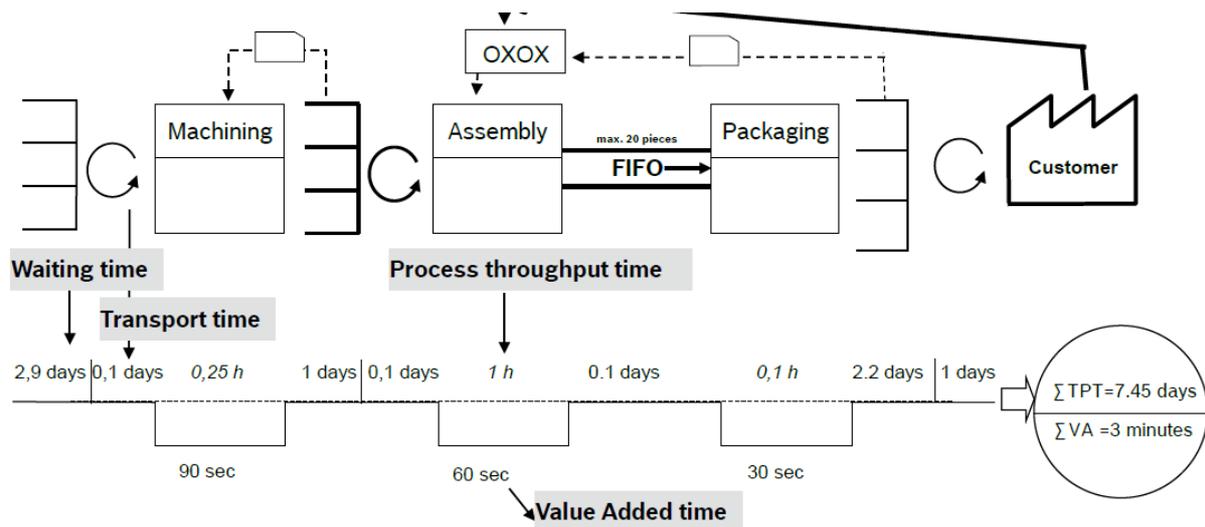


Figura 8 - VSM com o somatório do TPT e do VA (Bosch, 2013)

2.5.4 Sistema *kanban*

O sistema *kanban* consiste num sistema de cartões que serve para criar um fluxo puxado (na bosch designa-se por controlo por consumo) de material nas operações de produção. Os *kanbans* internos regulam o fluxo dentro da área produtiva. O *kanban* externo regula o fluxo dos fornecedores ou dos clientes (Dailey et al., 2003).

O *kanban* apresenta enumeras vantagens para o sistema produtivo de uma empresa na medida em que:

- Indica a necessidade de material;
- Permite que o processo a montante saiba quando retirar uma peça;
- Controla o controlo por consumo, na medida em que as peças só são produzidas ou fornecidas apenas quando um *kanban* o indica, ou seja, quando à necessidade dessa produção;
- Reduz o WIP.

O sistema *kanban* contém informação essencial, nomeadamente: a identificação do produto, a identificação do contentor, a identificação do posto a jusante e a montante, a quantidade por contentor (na bosch designado por NPK, número de peças por *kanban*), data e hora de produção, a rampa que ocupará no supermercado, entre outros. Na Figura 9 está representado um exemplo de um cartão *kanban*.

Store		Preceding Process						
Shelf No.	Item Back No.							
Item No.								
Item Name								
Car Type								
<table border="1"> <tr> <td>Box Capacity</td> <td>Box Type</td> <td>Issue No.</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>		Box Capacity	Box Type	Issue No.				Subsequent Process
Box Capacity	Box Type	Issue No.						

Figura 9 - Exemplo de um cartão kanban (Dailey et al., 2003)

O sistema *kanban* na bosch é eletrônico e permitiu a eliminação dos cartões. Com esta evolução perde-se menos tempo com manuseamento de cartões, eliminaram-se eventuais perdas de cartões que por sua vez poderia originar perdas de material, e assim tornou-se o sistema produtivo mais transparente.

2.6 Design de layout e linhas de produção de um sistema produtivo

Para Euclides Coimbra (2013), o primeiro domínio para melhorar o fluxo de produção é o design de *layout* e linhas de produção. *Layout* é a disposição física de vários elementos, como por exemplo máquinas e processos. As linhas de produção caracterizam-se por terem postos de trabalhos dispostos sequencialmente consoante as operações de transformação do produto e também pelo fluxo produtivo de sentido único. As linhas de produção são um caso específico de células de produção. As células de produção caracterizam-se por terem postos de trabalho que conseguem produzir uma família de produtos (produtos com características iguais ou semelhantes de produção). As células devem apresentar um fluxo sequencial e procedente (linhas de produção), mas também podem apresentar um fluxo de transposição ou retrocedência de postos, dependendo das sequências de operações das peças a fabricar. Na Figura 10 estão representados os diferentes tipos de fluxo nas células de produção.

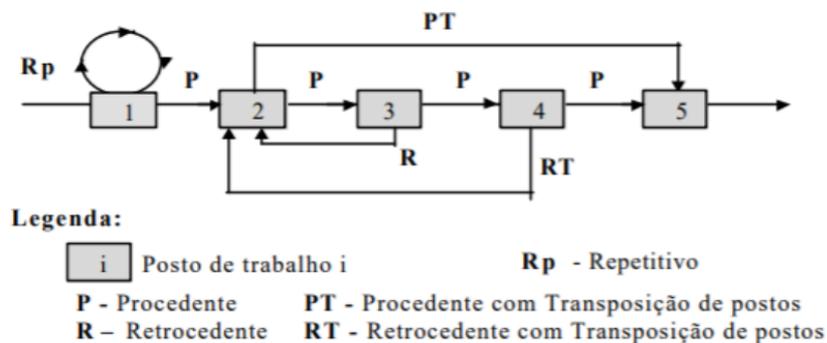


Figura 10 - Fluxos de trabalho (adaptado Aneke & Carrie, 1986)

No design de *layout* e linhas de produção deve-se começar por analisar as famílias de produtos e criar ou alterar as linhas de produção que possam integrar *one-piece flow* (uma linha deve ter a mesma quantidade de postos de trabalho do que a quantidade de produtos a serem produzidos simultaneamente). O objetivo é eliminar as operações que não acrescentam valor como o transporte, controlo e tempos de espera (Coimbra, 2013).

O parâmetro mais importante para a criação de linhas de produção com *one-piece flow* é o *takt time*. As linhas serão projetadas com os postos de trabalho necessários e vão trabalhar no mesmo ciclo de uma forma balanceada (definir tarefas para cada posto de trabalho com a mesma duração, de acordo com o tempo de ciclo da linha), ou seja, o número ideal de WIP é igual ao número de postos de trabalho balanceados, com base no *takt time*.

Quanto ao *layout* existem dois tipos diferentes: o *layout* funcional e o *layout* por processo. No *layout* funcional as máquinas da mesma função são organizadas no mesmo espaço físico. Este tipo de *layout* é caracterizado por trabalhar com grandes lotes para minimizar a frequência dos transportes entre secções funcionais ou *pools* (caracterizam-se por ter todas as máquinas da mesma função no mesmo espaço e podem produzir uma elevada variedade de produtos) e por sua vez o WIP é elevado, bem como a área ocupada. Este WIP pode ser transformado em *lead time* (quantidade de WIP a dividir pela procura diária é igual ao *lead time* em dias) que será igualmente elevado (Coimbra, 2013). Na Figura 11 está representado um *layout* funcional dividido em pré-montagem (*subassembly*), montagem (*assembly*) e controlo (*control*).

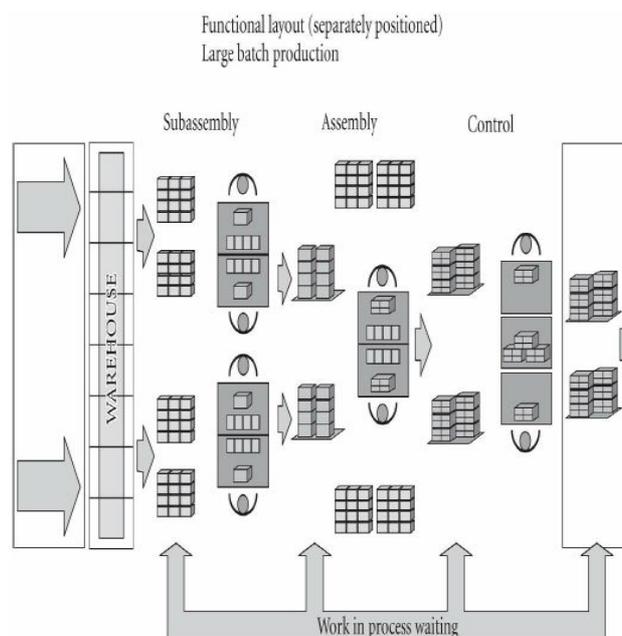


Figura 11 - Layout funcional (Coimbra, 2013)

No *layout* por processo as máquinas e processos envolvidos encontram-se no mesmo espaço físico e em sequência e estão orientados para o produto. Neste caso o *WIP* e o *lead time* serão substancialmente mais baixos (Coimbra, 2013). Na Figura 12 está representado um *layout* por processo dividido em pré-montagem, montagem e controlo.

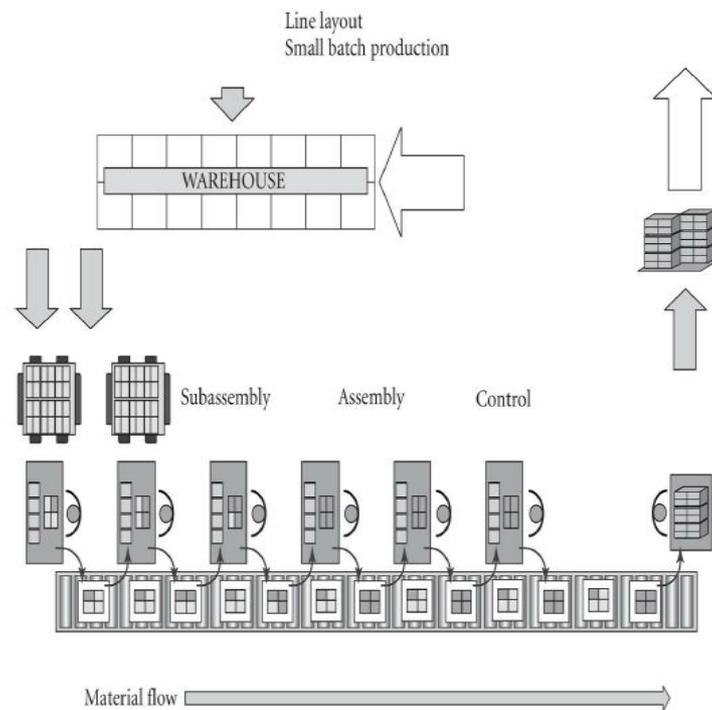


Figura 12 - Layout por processo (Coimbra, 2013)

Pela análise da imagem denota-se que o *WIP* é superior ao número de postos de trabalho, logo não existe *one-piece flow*. Para Euclides Coimbra a linha de produção ótima para integrar *one-piece flow*, normalmente, é uma linha em forma de U. As vantagens destas linhas em U é que existe maior flexibilidade em balancear os operadores, o abastecimento das linhas não interfere com o trabalho do operador e também há uma melhor compreensão do fluxo pelos mesmos. Quando se altera uma linha de produção reta para uma linha em forma de U consegue-se reduzir significativamente o *WIP* (reduções de 90% são comuns nestes casos).

Na Figura 13 está representado a transformação de um *layout* funcional para um *layout* por processo, através da criação de uma linha de produção em forma de U.

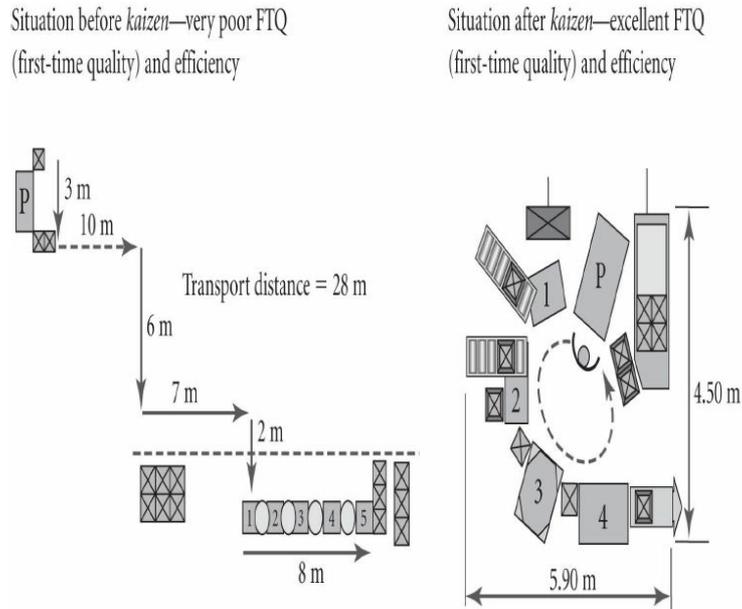


Figura 13 - Transformação de um layout funcional para um layout por processo (Coimbra, 2013)

Pela análise da Figura 13, conclui-se que a distância de transporte é, significativamente, menor, quando alteramos um *layout* funcional para um *layout* por processo. Alterar um *layout* funcional para um *layout* por processo, em muitos casos, é necessário duplicar algumas máquinas. O *layout* da Toyota normalmente tem três vezes mais máquinas que uma empresa da mesma área de negócios. Quando a Toyota calcula o retorno do investimento por causa das máquinas adicionais conclui que em menos de um ano consegue esse retorno. A alteração de um *layout* funcional para um *layout* por processo é dos trabalhos mais recompensadores na engenharia industrial. Esta mudança pode fornecer um verdadeiro avanço em vários indicadores-chave de desempenho (KPI), como produtividade, WIP, *lead time* e qualidade.

2.7 Controlo por consumo

O controlo por consumo é um método de controlo de produção para implementar o sistema puxado de produção e também é usado para calcular a área do supermercado. Este método é controlado pela retirada de processos clientes do supermercado e funciona como um circuito fechado. Um método para implementar o controlo por consumo é o *kanban-loop*. Na Figura 14 está representado um exemplo de um *kanban-loop* e como este funciona.

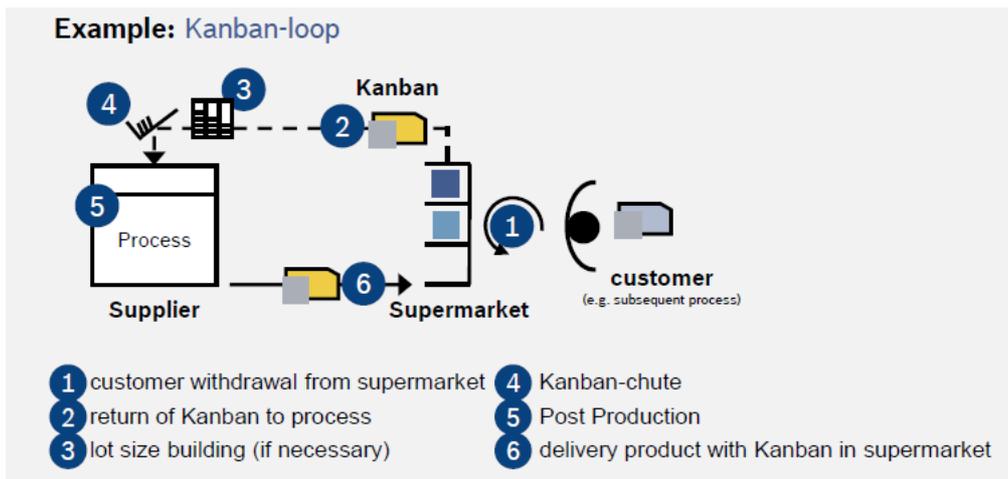


Figura 14 - Kanban-loop (Bosch, 2013)

Na Figura 14 denota-se que a sistemática do *kanban-loop* tem seis etapas e, que funciona como um ciclo, que são:

1. O *kanban-loop* começa com a retirada de material do supermercado pelo cliente (ou processo seguinte);
2. Após a retirada do material é despoletado um *kanban* para o processo;
3. De seguida, construir-se-á o tamanho de lote (caso necessário);
4. Após se atingir o tamanho de lote, os *kanbans* vão para o *kanban-chute*;
5. De seguida, produzir-se-á as peças indicadas nos *kanbans* presentes no *kanban-chute* por ordem de chegada, ou seja, o primeiro *kanban* a entrar no *kanban-chute* é o primeiro a ser produzido;
6. Por último, após a produção das peças, estas são colocadas no respetivo supermercado com um *kanban* associado.

Para implementar o controlo por consumo é necessário avaliar sete etapas:

1. Definir o *loop* de controlo:

Na Figura 15 estão representados todos os elementos que podem fazer parte de um *loop* de controlo.

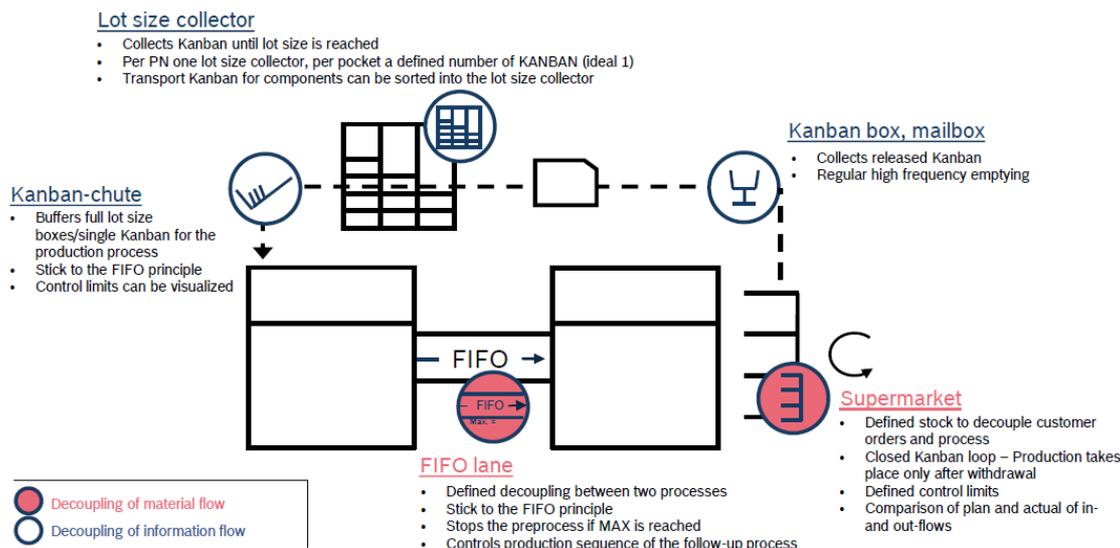


Figura 15 - Elementos inerentes ao loop de controlo (Bosch, 2013)

Os elementos que fazem parte de um *loop* de controlo são:

- **Supermercado** é um mecanismo de separação entre dois processos, que tem como características: a existência de um inventário definido para separar as ordens do cliente do processo; limites de controlo com mínimo e máximo; consegue-se comparar o que estava planeado produzir com aquilo que realmente se produziu a partir do diagrama *in-flow out-flow*; a produção só começa após a retirada do produto pelo cliente. O supermercado pode ser aplicado quando existem diferenças entre processos de: tamanho de lote, modelo de turnos, separação física ou processos com elevada flutuação.
- **Kanban box** que tem como função recolher os *kanbans* após a retirada do processo cliente (processo a jusante).
- **Lot size collector** tem como função recolher os *kanbans* até atingir o tamanho de lote.
- **Kanban-chute** tem como função sequenciar as ordens de produção após ser atingido o tamanho de lote. Este princípio rege-se pelo princípio *FIFO* (o primeiro *kanban* a entrar no sequenciador é o primeiro a ser produzido)
- **FIFO lane** é um mecanismo de separação entre dois processos, onde o primeiro produto a entrar na linha *FIFO* é o primeiro a ser produzido. A linha *FIFO* tem como característica a existência de um máximo que quando é atingido para a produção do processo anterior. O *FIFO* só pode ser aplicado quando: existe a relação de 1-1 entre processos (exceções: 1-2 ou 2-1), processos sincronizados relativamente ao modelo de turnos e ao tamanho de lote, processos com baixas flutuações e processos com tempos de ciclo semelhantes (+/-10% de diferença).

2. Definir o período de planeamento:

Nesta etapa deve-se definir o período de planeamento que é igual ao período de nivelamento ou ao período de planeamento do processo seguinte.

3. Analisar quais os produtos que serão controlados pelo consumo:

Nesta etapa deve-se identificar os produtos que representem entre 70-90% das quantidades encomendadas pelos clientes. Estes produtos devem ser considerados *runners* e devem ser controlados pelo consumo. Os restantes produtos serão considerados como produtos exóticos e não serão controlados pelo consumo.

4. Analisar as flutuações dos processos clientes:

Esta fase é importante pois será a base para calcular o inventário necessário, mostra os efeitos do comportamento do processo cliente no histórico de inventário e informação para otimizar o sistema.

Para calcular as flutuações do processo cliente deve-se comparar o que era suposto o processo produzir e subtrair ao que o processo realmente produziu, dentro do período de reposição (RT). A maior flutuação negativa será igual ao SA2 do processo e a maior flutuação positiva será igual ao SA2 do supermercado.

5. Calcular a capacidade e a quantidade máxima de *setups* (*setup* representa o processo de preparação do sistema de trabalho, como por exemplo as máquinas e ferramentas, para a produção de peças):

- Determinar a capacidade total (min) baseado no modelo de turnos.
- De seguida deve-se subtrair as pausas planeadas.
- Em terceiro lugar deve-se deduzir as perdas de OEE (nos últimos 2 períodos de planeamento) sem *setups*, que dará origem à capacidade de fornecimento. O OEE avalia o desempenho global do processo ou sistema e obtém-se através da multiplicação de três fatores que são: a eficiência, a qualidade e a disponibilidade do processo ou sistema.
- Em quarto lugar calcula-se a capacidade necessária (min/dia), multiplicando a quantidade de produtos a serem produzidos pelo tempo de ciclo de cada produto.
- Em quinto lugar determina-se a capacidade disponível para realizar *setups*, subtraindo a capacidade necessária pela capacidade de fornecimento.
- De seguida, calcula-se a quantidade de *setups* que se pode realizar, dividindo a capacidade disponível para realizar *setups* pelo tempo de *setup*.

- Por último, determina-se o EPEI (*Every part every interval*) de cada produto, que é o período onde os produtos *runners* são produzidos. Um EPEI igual a 5 significa que o produto será produzido de cinco em cinco dias. Se o EPEI for igual a 0,5 então significa que o produto será produzido duas vezes por dia. Quanto menor for o EPEI, menor será o tamanho de lote de produção e consequentemente criamos fluxo e diminuimos o nível de WIP ao longo da cadeia de valor.

6. Determinar o tamanho de lote (LS):

Nesta etapa determina-se o tamanho de lote dividindo o volume de produção diária de um produto pelo número de *setups* do mesmo produto ou multiplicando o volume de produção diário pelo EPEI do mesmo produto. O tamanho de lote representa a quantidade diária que se deve produzir o produto em questão. Caso LS seja menor que o NPK (número de peças por *kanban*), então LS fica igual a NPK.

7. Cálculo do número de *kanbans* para o *loop* de controlo em questão:

Para o cálculo do número de *kanbans* (K) a fórmula utilizada é:

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

Na Figura 16 estão representados os elementos utilizados na fórmula do cálculo do número de *kanbans*.

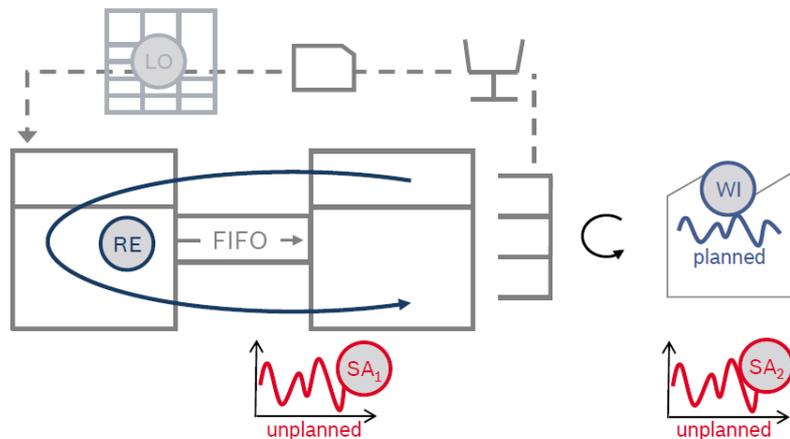


Figura 16 - Elementos utilizados na fórmula do cálculo de *kanbans* (RELOWISA)

- RE – é o número de *kanbans* necessário para fazer face à necessidade do processo cliente de acordo com o *takt-time*, durante o tempo de reposição (*RT/loop*). A fórmula utilizada para o cálculo do RE é:

$$RE = \frac{RTloop}{TT \times NPK}$$

TT – é o *takt time* do processo cliente.

$$WA = LS \times RTloop \text{ (em dias)}$$

- SA – número de *kanbans* necessário para fazer face aos riscos e flutuações desconhecidas. A fórmula utilizada para o calcular é:

$$SA = SA1sup + SA2sup$$

SA1sup refere-se às perdas de OEE do processo, ou seja, quando o OEE é menor que o planeado. Neste caso é necessário inventário extra no supermercado. A fórmula para o calcular é:

$$SA1sup = \frac{RTloop\Delta}{TT \times NPK}$$

RTloop Δ - calcula-se multiplicando o POT diário pela maior acumulação de perdas de OEE durante o RTloop.

SA1processo refere-se aos ganhos de OEE do processo em questão, ou seja, quando o OEE é maior que o planeado. Neste caso é necessário *kanbans* extra no processo para que a produção não pare. A fórmula para o calcular é:

$$SA1processo = \frac{\%Cum. Ganhos OEE \times POT \text{ diário}}{TT \times NPK}$$

O SA2 refere-se às flutuações do processo cliente, ou seja, quando o processo cliente retira mais material do supermercado do que o que estava previamente planeado (SA2sup) ou quando o processo a jusante retira menos material do supermercado do que o que estava previamente planeado (SA2processo). As fórmulas para calcular o SA2sup e o SA2processo são:

$$SA2sup = \%Cum. Ganhos OEE \text{ do processo a jusante} \times \frac{WA}{NPK}$$

$$SA2processo = \%Cum. Perdas OEE \text{ do processo a jusante} \times \frac{WA}{NPK}$$

Para o cálculo dos supermercados apenas se considera o SA1sup e o SA2sup, pois o SA1processo e o SA2processo referem-se a *kanbans* extra no processo para que a produção não pare.

A última etapa deste cálculo é calcular os limites de controlo do supermercado. Com o máximo pode-se calcular a área que ocupará o supermercado e também as rampas necessárias. As fórmulas para calcular o mínimo (MIN) e máximo (MAX) são:

$$MAX = K$$

$$MIN = SA$$

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

No presente capítulo far-se-á uma breve apresentação da empresa onde este projeto foi realizado. De seguida irei abordar a origem do grupo Bosch e como este está representado em Portugal. Por fim será feita uma análise da divisão *Car Multimedia* (CM), onde se insere a empresa da Bosch em Braga, realçando os principais clientes e unidades de negócio, a estrutura organizacional, a metodologia adotada pela empresa (*Bosch Production System*), bem como o departamento responsável pela implementação desta metodologia.

3.1 Identificação e localização

O presente projeto de dissertação desenvolveu-se na Bosch Car Multimédia S.A. em Braga. Esta empresa deu início à sua atividade em 1990 sob a marca Blaupunkt e especializou-se a desenvolver e fabricar componentes eletrónicos para a indústria automóvel, principalmente painéis de instrumentação, sistemas de navegação e sensores. Na Figura 18 está representada a planta da empresa sendo visível as principais áreas e as instalações da empresa.



Figura 18 - Planta Bosch Car Multimedia S.A. Braga (Bosch, 2013)

A Bosch Car Multimédia S.A. em Braga pertence ao grupo Bosch e é a maior empresa do grupo em Portugal.

3.2 Grupo Bosch

Em 1886, Sr. Robert Bosch (1861-1942) criou a primeira oficina de mecânica e precisão elétrica em Estugarda, na Alemanha. Esta oficina levou à criação de uma empresa com elevado reconhecimento a nível mundial, o Grupo Bosch. Atualmente é uma organização mundial, com sede na periferia de

Estugarda em Schillerhöhe, e é composto pelo Robert Bosch GmbH. O logótipo do Grupo representado na Figura 19 está relacionado com a invenção do primeiro magneto de baixa tensão, que acabou por ser inserido ao sistema de ignição dos carros.



Figura 19 - Logótipo do Grupo Bosch (Bosch, 2013)

Atualmente, o Grupo é líder mundial na área de serviços e tecnologia e encontra-se representado em 60 países através de mais de 440 empresas regionais e subsidiárias, onde emprega, aproximadamente, 402200 colaboradores. Através de parceiros de vendas e serviços a representação do Grupo alastra-se para quase todos os países do mundo.

No que diz respeito às unidades de negócio, atualmente esta empresa encontra-se dividida em quatro grandes áreas, apresentadas na Figura 20.



Figura 20 - Unidades de negócio do Grupo Bosch (Bosch, 2013)

Estas quatro áreas de negócios apresentadas, podem ser subdivididas. A divisão de CM onde foi realizado o projeto insere-se na unidade de negócio “Soluções de Mobilidade”, como pode ser visualizado na Figura 21.

SOLUÇÕES DE MOBILIDADE

Soluções Powertrain
Sistemas de Controlo de Chassis
Car Multimedia
Eletrónica Automóvel
Aftermarket Automóvel
Sistemas de Direção Automóvel
Soluções de Mobilidade Conectada

Figura 21 - Divisões da unidade de negócios Soluções de Mobilidade

A maioria das vendas da empresa são provenientes da unidade de negócio “Soluções de Mobilidade”, que detém, aproximadamente, 61% do volume de vendas, como se pode constatar na Figura 22.

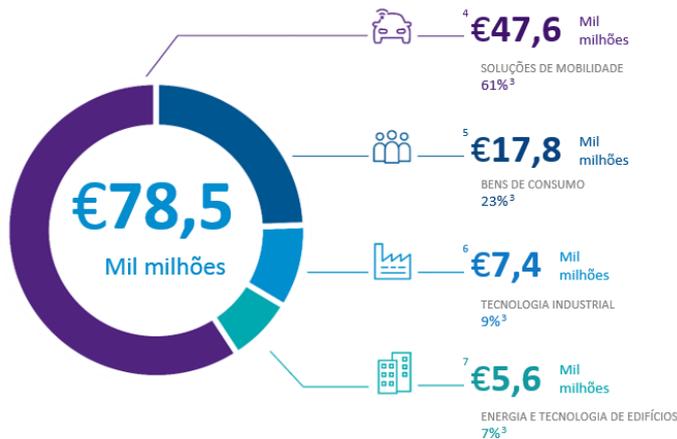


Figura 22 - Volume de vendas do Grupo Bosch (Bosch, 2013)

Realça-se que o Grupo Bosch concluiu o ano de 2018 com 78,5 mil milhões de euros em vendas.

3.3 Cultura Bosch

“*We are Bosch*” é o slogan organizacional do Grupo Bosch e tem um papel fulcral no sentido em que, norteia todo o grupo para o mesmo objetivo: assegurar o futuro da empresa através de um forte e significativo desenvolvimento e preservando a independência financeira da mesma. Na Figura 23 está representado o lema organizacional do Grupo Bosch.



Figura 23 - Lema organizacional "We are Bosch" (Bosch, 2013)

A estratégia utilizada pela empresa para alcançar o principal objetivo apoia-se em três pontos: orientação para o cliente; flexibilidade para a mudança; máximo desempenho de todos. Além da estratégia também a motivação é um aspeto essencial para guiar a empresa a alcançar a sua meta. Deste modo, a motivação pode ser resumida num lema mundialmente conhecido da Bosch, "*Invented for life*", que significa ter produtos que despertem o interesse do público, melhorem a qualidade de vida e que ajudem a conservar os recursos naturais.

Apesar destes objetivos parecerem demasiado positivistas, isto só é possível porque apresentam vários pontos fortes inerentes à empresa, que são: cultura organizacional, espírito inovador, qualidade excepcional e presença global.

Por último, o grupo Bosch tem como base uma série de valores que garantem a sustentabilidade e o desenvolvimento da organização, que são: orientação para o futuro e resultados; responsabilidade e sustentabilidade; iniciativa e determinação; abertura e confiança; justiça; confiabilidade, credibilidade e legalidade; diversidade cultural.

3.4 Bosch em Portugal

A Bosch está presente em Portugal desde 1911, onde Gustavo Cudell inaugurou o 1º escritório de vendas. Desde então, várias sucursais foram fundadas em Portugal, como se pode observar na Figura 24.

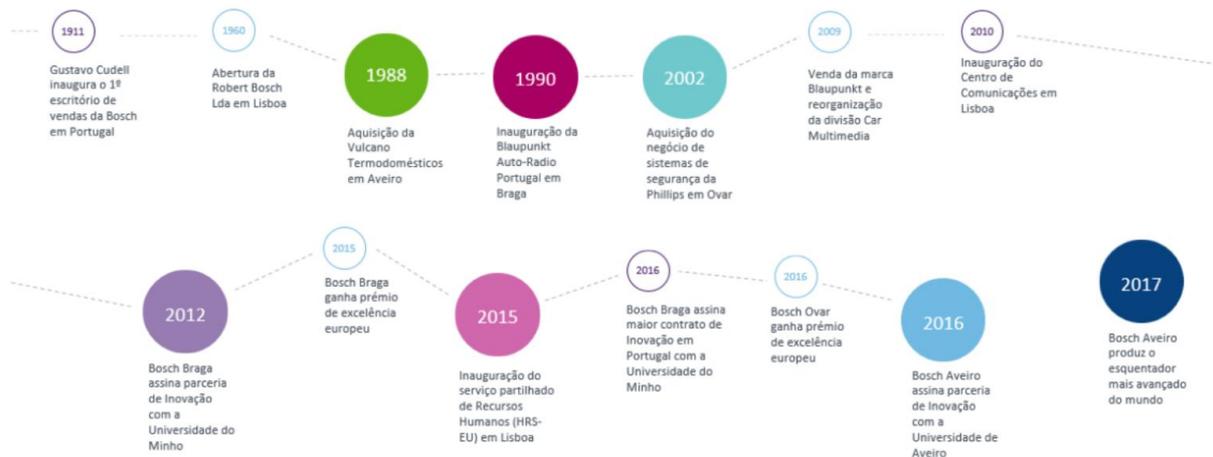


Figura 24 - História da Bosch em Portugal (Bosch, 2013)

Realça-se a venda da marca Blaupunkt e reorganização da divisão Car Multimedia, em 2009, que deu origem à empresa onde este projeto foi realizado.

Atualmente a organização alemã encontra-se representada em quatro localidades nacionais distintas, representadas na Figura 25, que são: Braga, com a denominação de Bosch Car Multimédia Portugal, S.A.; Aveiro, apelidada de Bosch Termotecnologia, S.A.; Ovar, sob a designação de Bosch Security Systems, S.A.

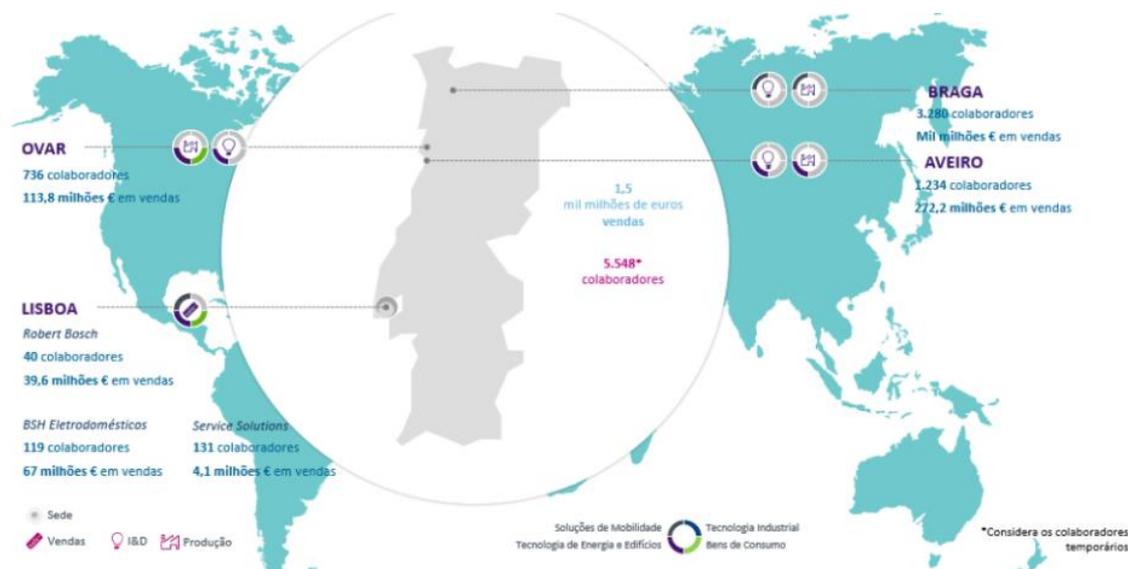


Figura 25 – Representação da Bosch em Portugal (Bosch, 2013)

3.5 Bosch Car Multimédia Portugal S.A. (BrgP)

A Bosch Car Multimédia Portugal S.A. é a principal fábrica da divisão *Car Multimedia* da Bosch e também a maior do grupo em Portugal. Nesta divisão estão inseridas também as empresas *Car Multimedia* na Malásia e outra na China.

Como já foi referido, esta empresa iniciou a sua atividade em 1990 sob a marca Blaupunkt e em 2018 foi o maior exportador e empregador de Portugal, como podemos observar na Figura 26.



Figura 26 - Bosch Car Multimedia Portugal S.A. (Bosch, 2013)

De realçar que esta empresa é considerada a maior empresa de autorrádios da Europa.

3.5.1 Clientes

A divisão Car Multimedia da Bosch é considerada um *benchmark* no que se refere a sistemas de navegação e instrumentação para a indústria automóvel. Por conseguinte, esta divisão possui um elevado número de clientes reconhecidos globalmente, como podemos observar na Figura 27.



Figura 27 - Clientes da Bosch Car Multimedia (Bosch, 2013)

Salienta-se que a maior parte da exportação é feita para a Europa, mas também para Ásia, América do Norte e do Sul como podemos observar na Figura 28.

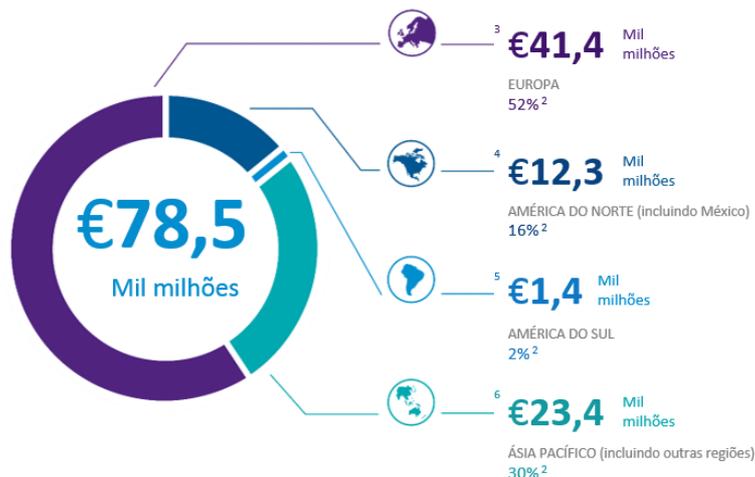


Figura 28 - Vendas por região da Bosch Car Multimedia (Bosch, 2013)

3.5.2 Produtos

A Bosch em Braga foca-se na produção e desenvolvimento de produtos e componentes eletrónicos, nomeadamente, *navigation systems*, *next infotainment gen*, *instrumentation systems*, *instrumentation cluster*, *steering angle sensor*, *house-hold electronics*, *control units systems* e *instrumentation clusters for two-wheelers*. Os principais produtos produzidos e desenvolvidos na Bosch em Braga estão representados na Figura 29.



Figura 29 - Principais produtos da Bosch Car Multimedia (Bosch, 2013)

3.5.3 Estrutura organizacional

A organização da Bosch em Braga está dividida em duas áreas: a área técnica e a área comercial. A área técnica está responsável por gerir os departamentos que têm interferência direta na qualidade, produção,

desenvolvimento do produto, segurança e ambiente, etc. Na Figura 30 está representada a estrutura organizacional da área técnica da Bosch em Braga.

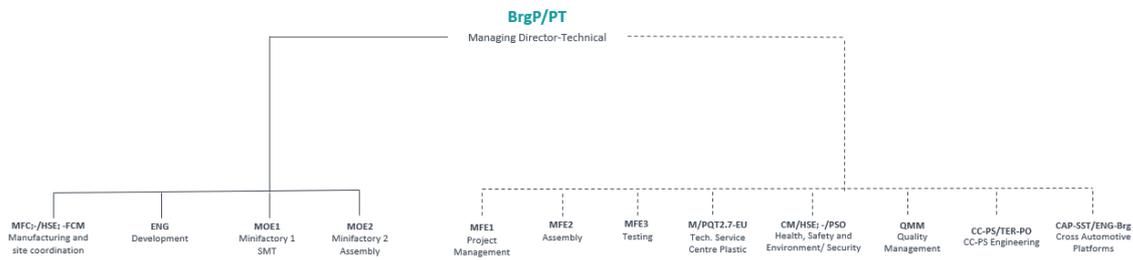


Figura 30 - Estrutura organizacional da área técnica da Bosch em Braga (Bosch, 2013)

Na área comercial inserem-se os departamentos de logística, recursos humanos, finanças, compras, vendas e outros, ou seja, a área comercial está responsável por gerir os departamentos que têm uma intervenção indireta na produção e nos processos técnicos relacionados com a produção. Na Figura 31 está representada a estrutura organizacional da área comercial da Bosch em Braga.

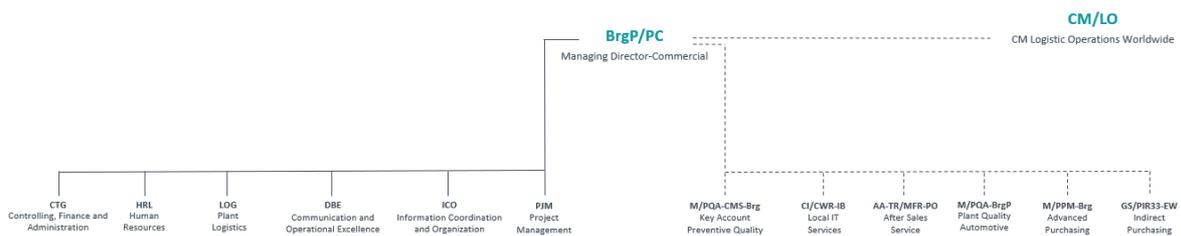


Figura 31 - Estrutura organizacional da área comercial da Bosch em Braga (Bosch, 2013)

3.5.4 Bosch Production System (BPS)

Um pré-requisito central para o sucesso das empresas é a capacidade de atender aos requisitos do cliente mais rápido, melhor e mais rentável do que a concorrência. Para atender a estas necessidades, em 2001, foi criado o BPS.

O BPS é o sistema produtivo da Bosch e o departamento responsável pela implementação deste sistema é uma secção com a mesma denominação (BPS), que se insere na área técnica da Bosch em Braga, mais concretamente no departamento de MFC. A presente dissertação realizou-se neste departamento. O principal objetivo do BPS é a implementação da produção *lean*, ou seja, tornar a produção livre de desperdícios à medida que tornamos o fluxo de material mais rápido e contínuo. Para atingir os objetivos o BPS rege-se por oito princípios que são:

- **Sistema puxado:** que significa produzir e fornecer apenas o que o cliente necessita;
- **Orientação para o processo:** o BPS desenvolve e otimiza os processos holisticamente;
- **Prevenção de falhas:** o sistema produtivo da Bosch evita a ocorrência de erros, através de medidas preventivas, com o objetivo de entregar o produto desejado pelo cliente.
- **Flexibilidade:** na Bosch adapta-se os produtos e serviços, rapidamente e de uma forma eficaz para atingir os requisitos do cliente.
- **Standardização:** os processos na Bosch são standardizados com o objetivo de implementar as melhores soluções.
- **Transparência:** no sistema produtivo da Bosch projeta-se procedimentos autoexplicativos e diretos, para que desvios da situação-alvo sejam imediatamente perceptíveis.
- **Melhoria contínua:** o BPS melhora continuamente os processos e de uma forma direcionada, ou seja, os standards servem como base para novas melhorias direcionadas que resultam em novos standards.
- **Responsabilidade Pessoal:** na Bosch todos os colaboradores conhecem as suas tarefas, competências e responsabilidades para que trabalhem de uma forma ativa e independente.

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO ATUAL DA EMPRESA

Neste capítulo descreve-se a situação atual relativamente ao *layout* do sistema produtivo da Bosch Car Multimédia. Posteriormente, é descrito detalhadamente o *layout* do sistema produtivo da área de negócios 3 (AN3), com o intuito de identificar e analisar os problemas e vantagens relacionados com o atual *layout* do sistema produtivo da empresa.

4.1 Layout do Sistema Produtivo da Bosch Car Multimédia

Neste capítulo é feito um estudo quanto ao *layout* do sistema produtivo da Bosch em Braga. O sistema de produção atual da empresa está dividido em duas áreas que são:

1. **MOE1:** esta área localiza-se no edifício 108, e é composta por várias secções funcionais. A maior secção funcional é constituída por linhas de inserção automática (*surface mounted device* – SMD). As outras secções funcionais são compostas por máquinas de processos intermédios que são: a secção funcional de PIS e ICT (*pin insertion machine* e *in circuit test*); a secção funcional de fresas; e a secção funcional de coating. Neste caso o sistema produtivo é caracterizado pela existência de vários equipamentos equivalentes agrupados em secções funcionais, e por isso é um *layout* funcional. O departamento de MOE1 (*Manufacturing Operations Engineering 1*) é quem gere esta secção.
2. **MOE2:** esta secção localiza-se no edifício 101, 104 e 110, e é composta essencialmente por células de montagem final. Neste caso o sistema produtivo é caracterizado pela existência de vários equipamentos equivalentes agrupados numa secção funcional, e por isso é um *layout* funcional. De realçar que as duas secções estão em edifícios diferentes, sendo necessário um camião para o transporte de material de MOE1 para MOE2 e vice-versa. O departamento de MOE2 (*Manufacturing Operations Engineering 2*) é quem gere esta secção.

Na Figura 32, está representado o *layout* da empresa, onde se destacam as áreas de MOE1 e MOE2.

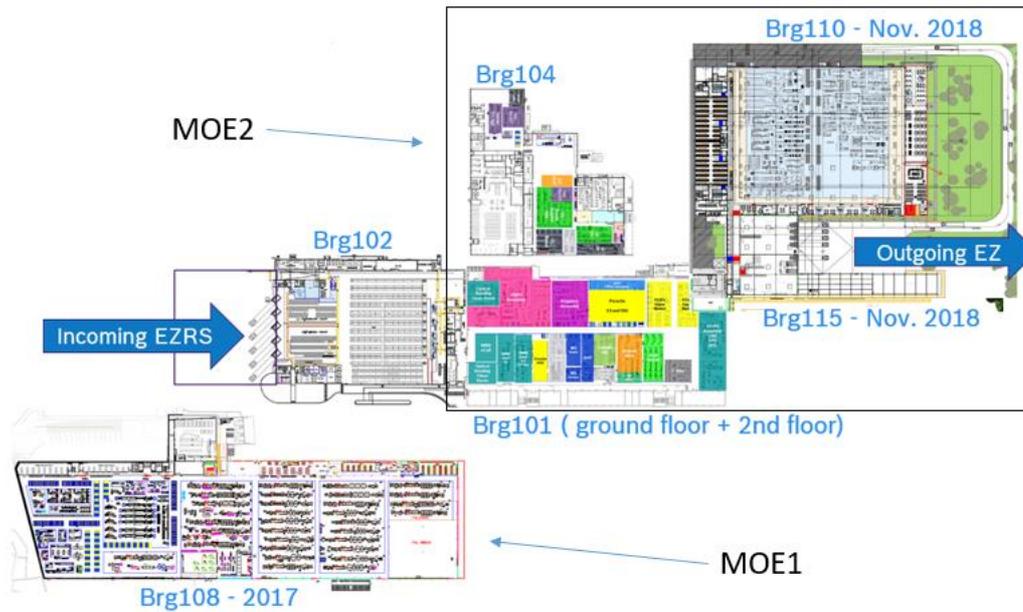


Figura 32 - Layout atual da empresa, com identificação das áreas de MOE1 e MOE2 (Bosch, 2013)

O transporte de materiais entre MOE1 e MOE2 pode ser visualizado na Figura 33, realça-se que a distância percorrida é igual a 1000 metros e o camião tem um tempo de ciclo de 40 minutos.

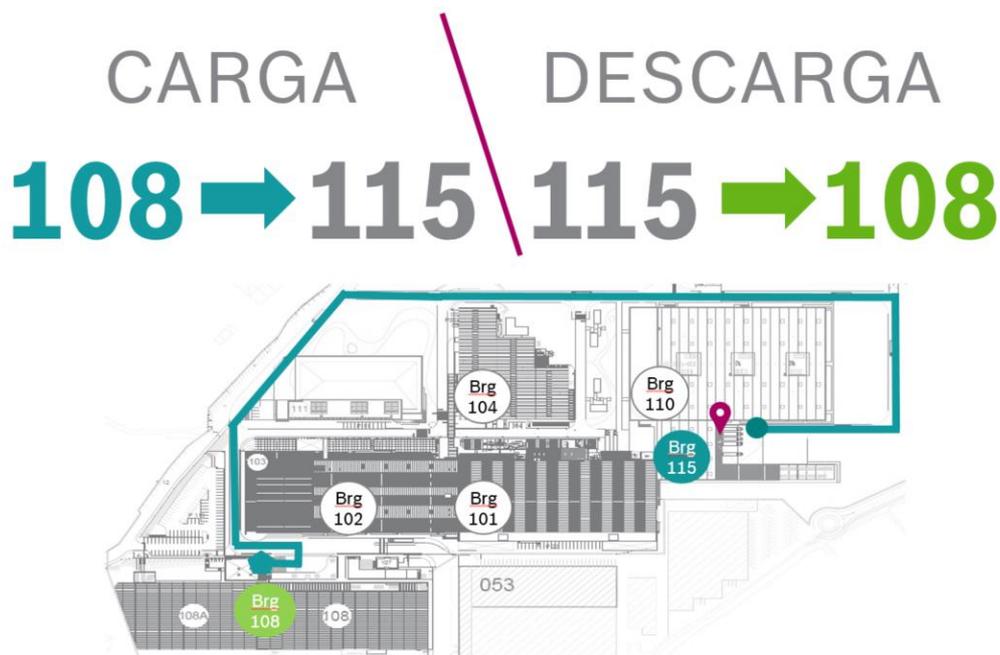


Figura 33 - Trajeto do camião entre MOE1 e MOE2 (Bosch, 2013)

4.2 Layout do sistema produtivo dedicado à AN3

O sistema produtivo da AN3 é um sistema produtivo onde estão presentes as seguintes secções funcionais:

1. A secção de inserção automática: nesta secção temos duas máquinas (SMDs) dedicadas aos produtos da AN3, e correspondem à primeira e segunda etapa do processo. Esta secção situa-se no edifício 108.
2. A secção de coating: nesta secção temos 2 máquinas de coating dedicadas aos produtos da AN3. Esta secção situa-se no edifício 108.
3. A secção de PIS e ICT: nesta secção temos 3 máquinas PIS e 3 máquinas ICT dedicadas aos produtos da AN3. De realçar que todos os produtos que são produzidos na PIS, de seguida, terão de passar pelo ICT. Esta secção situa-se no edifício 108.
4. A secção de montagem final: nesta secção temos 8 células de montagem final dedicadas aos produtos da AN3, e correspondem à última etapa do processo. Esta secção situa-se no edifício 101, no segundo piso e é necessário um camião para fazer o transporte dos PCBs do edifício 108 para o edifício 115, e posteriormente é necessário que os *milkruns* levem os PCB's para o edifício 101.

Na Figura 34, estão numeradas as secções funcionais da AN3, de acordo com a numeração utilizada no parágrafo anterior. De realçar que na secção 1 e 2 apenas duas máquinas, em cada secção, produzem produtos da AN3. Nesta figura também está representado o edifício onde cada uma das secções está alocada.

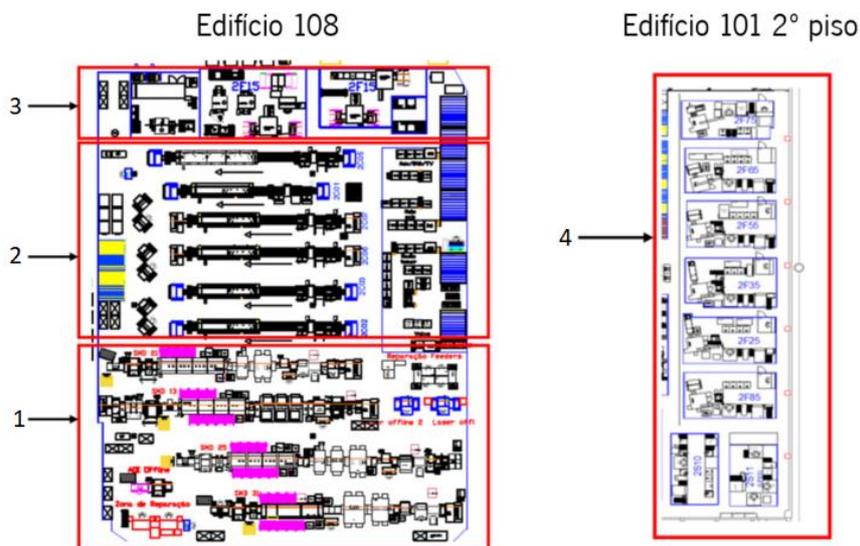


Figura 34 – Layout do sistema produtivo da AN3 com as respetivas secções funcionais

O sistema produtivo dedicado à AN3 apresenta um *layout* funcional e a cadeia de valor é composta por seis etapas de produção que está representada na Figura 35. As setas a azul representam os possíveis

trajetos e os retângulos os processos da AN3. A primeira etapa de produção é o 1º *reflow* que se realiza na SMD. Sendo que a próxima etapa depende do produto que está a ser produzido. De realçar que após os produtos serem processados na PIS têm, obrigatoriamente, de ser processados no ICT.

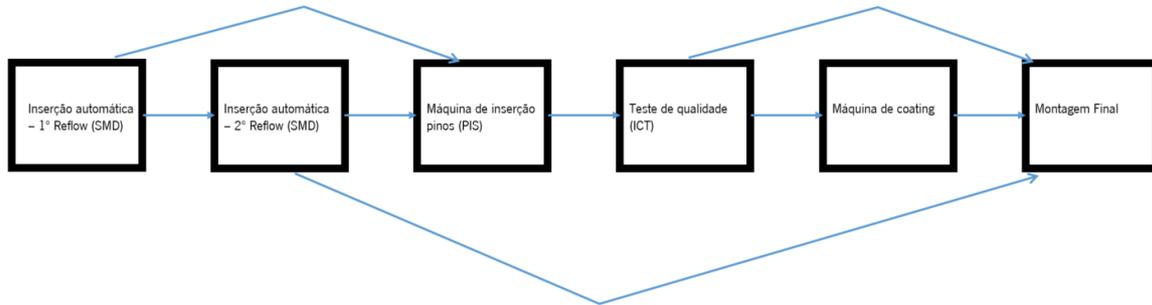


Figura 35 - Cadeia de valor da AN3, com as rotas dos seus produtos

Após a descrição da situação atual, pretende-se identificar os problemas e as vantagens devido ao tipo de *layout* atual da empresa (*layout* funcional), e o que este influencia nos fluxos de material e de informação da cadeia de valor. Este estudo será focado na AN3.

4.3 Análise dos produtos mais representativos da AN3

Nesta etapa foram identificados os produtos que representam entre 70-90% das quantidades encomendadas pelos clientes. Estes devem ser classificados como *runners* os quais serão focados neste estudo. Os restantes produtos são considerados exóticos.

Neste sentido, foi realizada a análise dos produtos da AN3 com o intuito de identificar os produtos *runners*. Na Tabela 1 está representada a análise dos produtos da AN3.

Tabela 1 - Análise dos produtos da AN3

Produto	Quantidade semanal (peças)	% Quantidade semana	%Cum. Quantidade semana	Runner/Exótico
3611	45382	30,7	30,7	Runner
3886	12373	8,4	39,1	Runner
1672	11226	7,6	46,7	Runner
2259	36273	24,6	71,3	Runner
1226	6219	4,2	75,5	Runner
1458	6055	4,1	79,6	Runner
9105	3375	2,3	81,9	Exótico
5536	3419	2,3	84,2	Exótico
9137	2619	1,8	86	Exótico
5545	1637	1,1	87,1	Exótico
9090	1637	1,1	88,2	Exótico
9153	2290	1,6	89,8	Exótico
9148	2406	1,6	91,4	Exótico
5571	2800	2	93,4	Exótico
5516	2880	1,4	94,8	Exótico
5557	2054	1,4	96,2	Exótico
9165	2020	1,4	97,6	Exótico
9169	2000	1,4	99	Exótico
9020	1000	0,7	100	Exótico
Total	147665			

Após ser feita a análise determinaram-se os produtos *runners* que são: 3611, 3886, 1672, 2259, 1226, 1458, que representam 79,6% das encomendas dos clientes.

4.4 Análise Crítica através do *VSM*

Para analisar detalhadamente o fluxo de materiais e informação da AN3, foi feito o VSM de um produto de classe A que pertence à AN3. Em primeiro lugar foi feita a análise dos produtos da AN3 que pode ser consultada na Tabela 1, e por fim escolheu-se o produto 2259, uma vez que também era do interesse da empresa que este fosse mapeado.

Após a escolha do produto realizou-se o desenho do estado atual do fluxo de material e de informação de cada processo que pode ser visualizado no Anexo IV – Value Stream Mapping. Nesta etapa recolheu-se informação no *gemba*, onde a estratégia utilizada foi seguir o fluxo de materiais no sentido inverso (desde a zona de expedição até à receção de matéria-prima) e utilização de símbolos standard. Contudo, após isso, focou-se apenas o fluxo de materiais internos, ou seja, desde que a matéria-prima entra na linha até chegar à montagem final representado na Figura 36. Nesta etapa mediu-se a distância percorrida pelo produto entre o primeiro processo (SMD) e o último (2F65, 2F85, 2F25 e 2F75) que foi igual a 1200 metros.

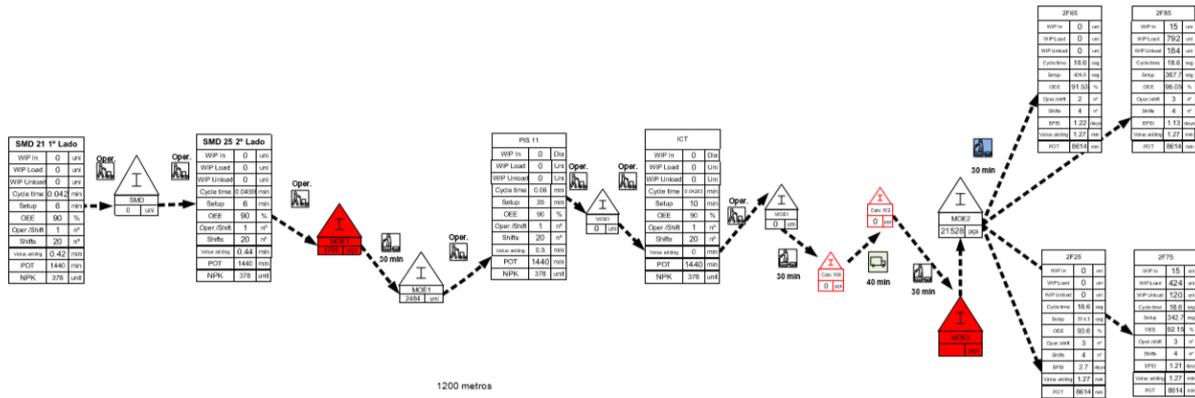


Figura 36 - Value Stream Mapping do produto 2259

Pela análise do fluxo de materiais do VSM denota-se que os processos estão separados por pontos de inventário, que são locais onde os produtos estão armazenados sem controlo, ou seja, não existem limites de reacção (mínimo e máximo) e o consumo dos mesmos não cria ordens de produção. Para além disto, existem processos que estão separados por mais que um ponto de inventário, que origina maior tempo despendido em transporte do produto de uma etapa para a etapa seguinte do processo, como é o caso do transporte entre a ICT e a montagem final (2F65, 2F85, 2F25 e 2F75).

Outro aspeto relevante é que o transporte do material é feito pelo operador, pois as máquinas SMD, PIS, ICT (e o Coating, apesar de não estar representado no VSM) são máquinas automáticas, ou seja, o operador só tem tarefas de abastecimento e transporte de material. Contudo quando existe mais do que um ponto de inventário entre processos o transporte entre dois pontos de inventário tem de ser feito por um *milkrun*, que origina mais desperdícios, pois são tarefas que não acrescentam valor ao produto. De realçar que entre ICT e a montagem final (no caso de produto 2259) existe o transporte de produtos entre edifícios e, por isso, é necessário um camião para fazer o transporte devido à distância entre os respetivos processos (o camião tem um tempo de ciclo de 40 minutos).

Relativamente ao fluxo de informação do VSM denota-se que existem três planos de produção, isto deve-se à falta de controlo de produção, pois a retirada de produtos dos pontos de inventário não origina automaticamente ordens de produção, contrariamente ao controlo por consumo. Devido à falta de controlo de produção, cada secção funcional tem de ter o seu próprio plano. Esta atividade também é considerada um desperdício pois não acrescenta valor ao produto.

Após o desenho da situação atual foram realizados os cálculos para determinar o somatório do tempo de atravessamento (TPT) e o somatório das atividades que acrescentam valor ao produto (VA).

O *takt time* é igual a 20,6 segundos/peça, que é a cadência que o cliente requer uma peça, esta informação foi fornecida pelo responsável pela cadeia de valor (*value stream manager*).

O próximo passo foi determinar o tempo de atravessamento do produto e o tempo que se acrescenta valor ao produto.

O tempo de atravessamento do produto foi igual a 24,58 dias, mas como este projeto vai incidir no fluxo interno calculou-se também o tempo de atravessamento interno (desde que a matéria-prima entra na produção, até entrar no armazém) que é igual a 9,618 dias. Neste tempo já estão incluídos os tempos de transporte, de espera e de produção.

O somatório dos tempos de transporte desde que o material entra em produção até entrar no armazém foi igual a 192,96 minutos (0,134 dias). O somatório dos tempos de espera desde que o material entra em produção até entrar no armazém foi igual a 13651,1 minutos (9,48 dias), sendo que o de tempos de atravessamento dos processos foi igual a 5,76 minutos (0,004 dias). Por fim, o somatório dos tempos que acrescentam valor ao produto foi igual a 2,63 minutos.

De realçar que o tempo das atividades que acrescentam valor ao produto em relação ao tempo de atravessamento interno é de 0,00153%, o que significa que 99,99847% do tempo utilizado para transformar a matéria-prima em produto final é desperdício.

Por último, foram identificados os desperdícios existentes, relativamente aos fluxos de material e informação, que serão abordados no próximo subcapítulo.

4.5 Identificação dos desperdícios

Após a realização do VSM identificaram-se os desperdícios existentes nesta área relativamente aos fluxos de material e informação, que são:

- Esperas – as grandes distâncias que o produto tem de percorrer aumentam os pontos de inventário que, por sua vez aumentam os tempos de espera.
- Inventário – a falta de controlo de produção e as elevadas distâncias que os materiais têm de percorrer aumentam o WIP e os pontos de inventário.
- Transportes – as grandes distâncias que os produtos têm de percorrer, aumentam o tempo despendido em transportar os materiais de uma etapa para a etapa seguinte do processo.
- Defeitos – devido à elevada distância entre MOE1 e MOE2, o transporte dos materiais tem de ser feito por camião e por vezes esse transporte causa defeitos.
- Sobreprodução – a falta de controlo de produção leva à existência de mais que um plano de produção que causa excesso de produção.

Em suma, as principais causas que originam os desperdícios abordados são a distância entre processos e a falta de controlo de produção.

5. APRESENTAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo são apresentadas as propostas de melhoria com o objetivo de eliminar os desperdícios enumerados no capítulo anterior.

5.1 Layout por processo

As grandes distâncias que os materiais têm de percorrer no processo produtivo da empresa devem-se ao tipo de *layout* implementado (*layout* funcional). Uma solução para reduzir as distâncias passa pela implementação de um *layout* por processo, onde os processos e máquinas envolvidos na produção dos artigos se encontram no mesmo edifício. Este tipo de *layout* diminuirá os pontos de inventário e WIP, devido à diminuição das distâncias entre processos, o que por sua vez diminui o tempo de ciclo dos *milkruns*. Como os processos encontrar-se-ão no mesmo edifício não será necessário o uso do camião para transportar os materiais. O edifício escolhido para colocar as máquinas dedicadas aos produtos da AN3 foi o edifício 101 junto às células de montagem final da AN3 porque era o único local com espaço para ser realizada a alteração.

Conceberam-se dois *layouts* por processo em AutoCAD que estão representados nas Figura 37 e Figura 38. Como o objetivo é diminuir as distâncias entre processos, o critério a usar para selecionar o *layout* será a distância percorrida pelo produto 3611, visto ser o produto mais representativo da amostra.

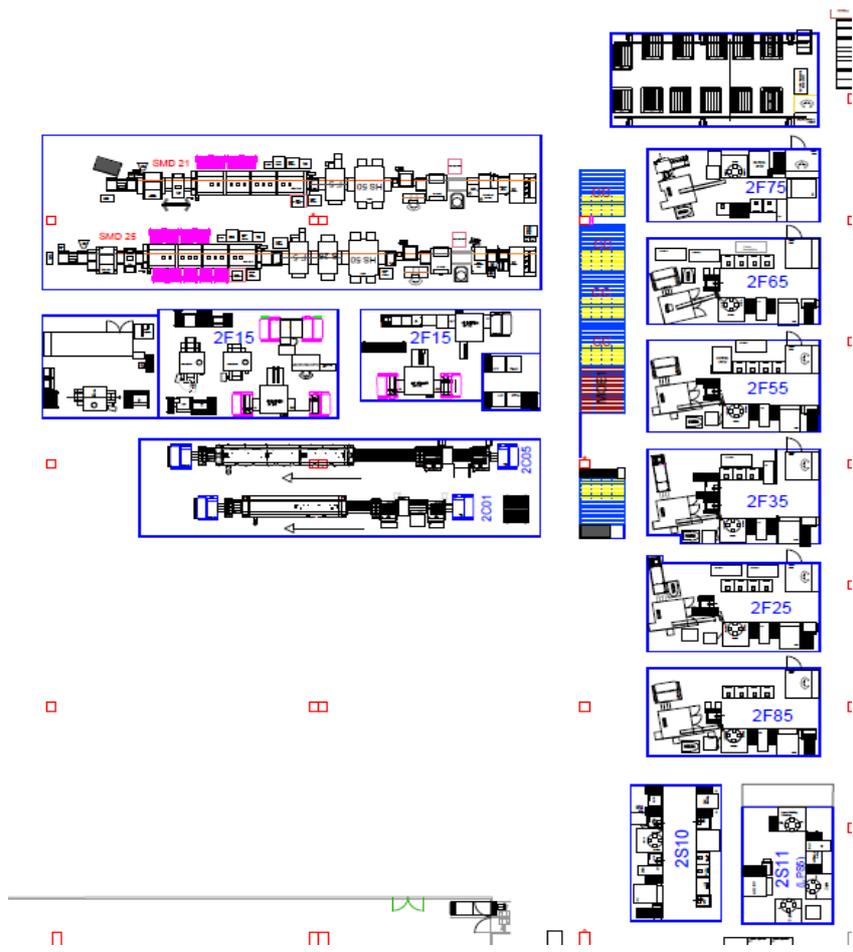


Figura 37 – Layout 1

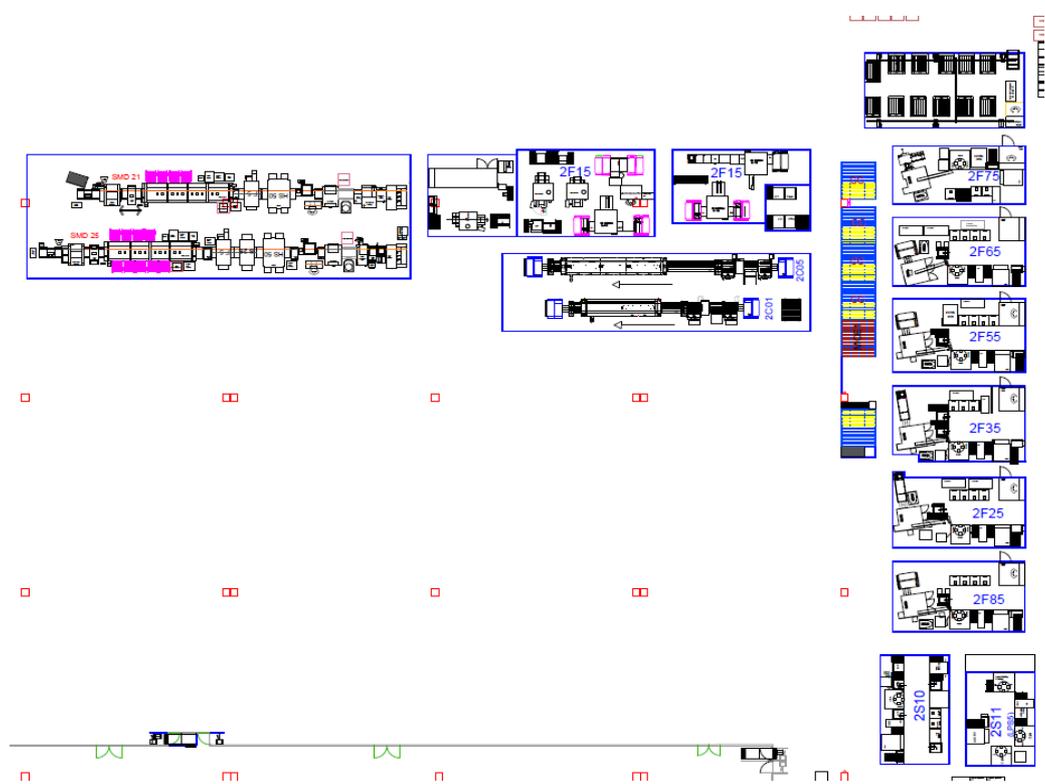


Figura 38 - Layout 2

O primeiro *layout* a ser estudado está representado na Figura 39, que é igual ao *layout* da Figura 37 sem as células de montagem final. As setas representam a distância percorrida pelo produto até chegar ao supermercado final (representado a vermelho). Como as células de montagem final não serão alteradas e situam-se à mesma distância do supermercado, em ambos os *layouts*, não será analisada a distância percorrida pelo produto do supermercado até à montagem final.

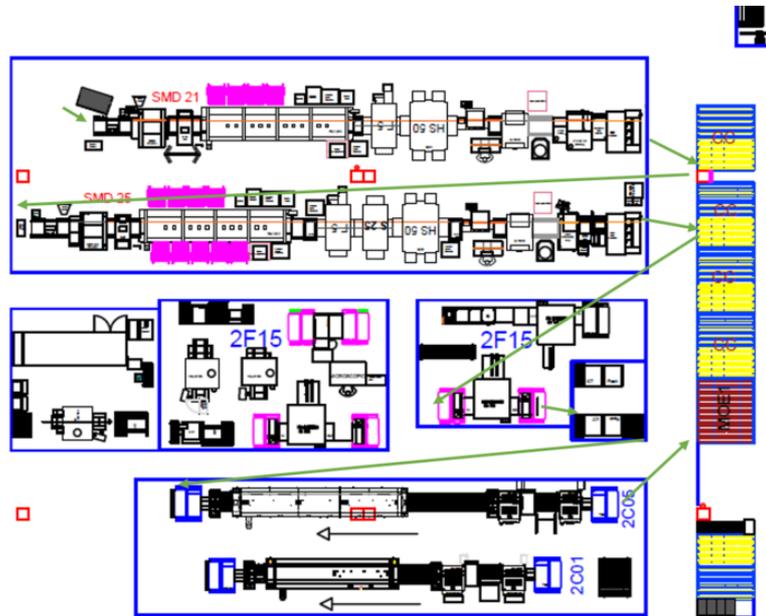


Figura 39 - Layout 1 com a rota do produto 3611

Após a elaboração do *layout*, foram medidas as distâncias do produto 3611 até chegar ao supermercado final (supermercado vermelho). A distância percorrida pelo produto (representada pelas setas a verde) é igual a 74,3 metros.

O segundo *layout* a ser estudado está representado na Figura 40.

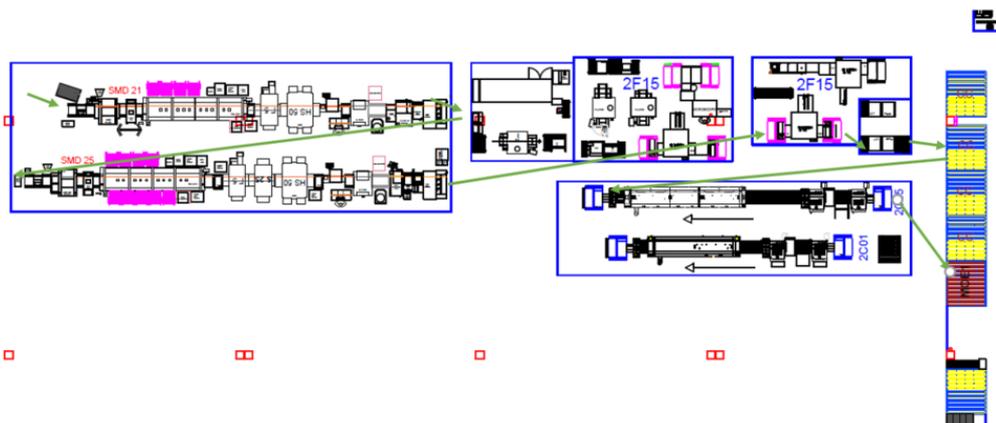


Figura 40 - Layout 2 com a rota do produto 3611

Após a elaboração do *layout* procedeu-se à medição da distância percorrida do produto 3611 até chegar ao supermercado final (supermercado vermelho). A distância percorrida pelo produto é igual a 82,1 metros.

O *layout* escolhido foi o *layout* 1, pois a distância percorrida pelo produto 3611 é menor. Com o *layout* atual o mesmo produto percorre 1200 metros até chegar ao supermercado final (a mesma distância percorrida pelo produto 2259), ou seja, com a implementação do novo *layout* há uma redução de 1125,7 metros da distância percorrida do produto 3611 da AN3.

Com esta mudança eliminámos uma das causas que originavam desperdícios que é a distância entre processos.

5.2 Value Stream Design (VSD)

Após a realização do VSM e a escolha do *layout*, procedeu-se à realização do VSD com o objetivo de eliminar as causas dos restantes desperdícios existentes que é a falta de controlo de produção.

A estratégia utilizada para eliminar a restante causa dos desperdícios (a falta de controlo de produção) é a implementação do controlo por consumo, através do *kanban-loop*. Como este método é controlado pela retirada do cliente (ou processo cliente), existirá controlo de produção. Os planos de produção também diminuirão visto que, com a implementação do controlo por consumo, as ordens de produção são geradas automaticamente após a retirada dos produtos dos supermercados. E seguir-se-á o princípio de Rother e Shook, “cria fluxo onde podes e puxa de onde deves” (Rother & Shook, 2003). Este princípio significa que devemos colocar supermercados apenas onde não conseguimos colocar *FIFO lanes*, visto que para implementar *FIFO lanes* é necessário que o processo obedeça às regras abordadas no 2.7 Controlo por consumo.

No Anexo V – Value Stream Design está representado o mapeamento do estado futuro geral, desde o fornecedor até ao cliente, do produto 2259 da AN3. Contudo, após isso, focaram-se apenas os fluxos de materiais e informação interno, desde que a matéria-prima entra na linha até chegar à montagem final, representados na Figura 41.

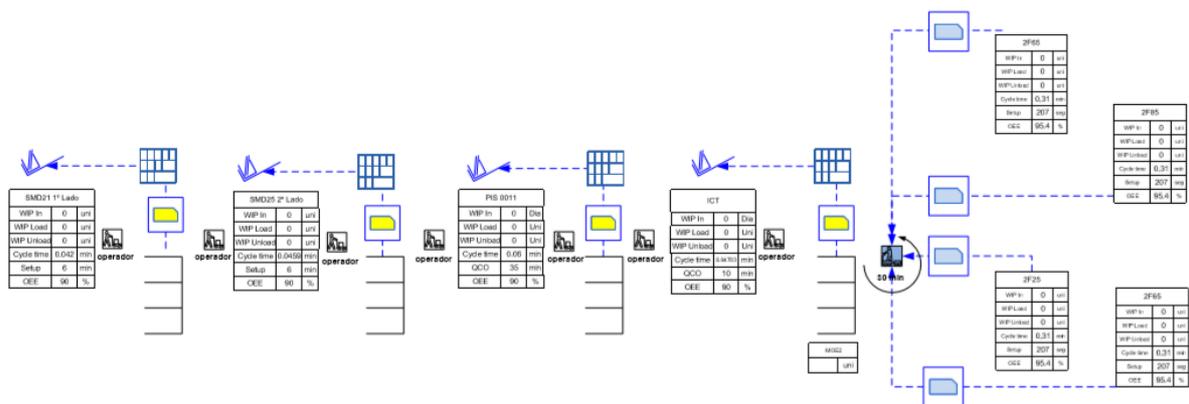


Figura 41 - Value stream design do produto 2259

Pela análise do VSD denota-se que o método utilizado para separar os processos foi a aplicação de supermercados, isto porque a aplicação de *FIFO lanes* não é possível devido às diferenças entre tempos de ciclo (como está representado no Anexo II – Diferenças entre os tempos de ciclo do processo a montante e o processo a jusante para cada runner da AN3).

Pela análise do Anexo II – Diferenças entre os tempos de ciclo do processo a montante e o processo a jusante para cada runner da AN3 nota-se que não existe nenhum processo onde possa ser implementado a *FIFO lane*, uma vez que a diferença entre tempos de ciclo para todos os produtos não é menor que (+/-) 10%. Por exemplo, para o produto 2259 a diferença de tempo de ciclo entre a SMD21 e a SMD25 é igual a 9,28%, mas como a diferença de tempo de ciclo entre a SMD21 e a SMD25 para o produto 1458 é superior a 10%, não é possível a implementação da *FIFO lane*.

Relativamente ao fluxo de materiais destaca-se a eliminação de *milkruns* da cadeia de valor, pois são atividades que não acrescentam valor ao produto e, por isso, são consideradas desperdícios. Isto deve-se à mudança de *layout* que tornou os processos mais próximos, e por isso os próprios operadores podem fazer o transporte dos produtos, visto que as máquinas SMD, PIS e ICT são automáticas o que leva a que os operadores só tenham tarefas de abastecimento e transporte de produtos. Relativamente à montagem final (2F65, 2F85, 2F25, 2F65) como é uma operação manual é necessário um *milkrun* para fazer o transporte dos produtos, mas neste caso já não é necessário o uso do camião, visto que com a mudança de *layout* os processos encontram-se todos no mesmo edifício. Com esta mudança de *layout* conseguimos diminuir o tempo de ciclo dos *milkruns*, como está representado na Tabela 2.

Tabela 2 - Diferença dos tempos de ciclo dos *milkruns* em ambos os layouts

Layout	Layout atual (funcional)	Layout novo (por processo)
Σ dos tempos de ciclo dos <i>milkruns</i>	160 min	30 min

Como pode ser visualizado na Tabela 2, o somatório dos tempos de ciclo dos *milkruns* desde que o produto entra em produção até chegar à montagem final reduz 130 minutos, devido à alteração do *layout*. Como pode ser visualizado no Anexo IV – Value Stream Mapping (layout atual), existem cinco *milkruns* onde quatro têm um tempo de ciclo igual a 30 minutos e o restante (camião) tem de 40 minutos. Após a mudança de *layout*, as distâncias entre processos diminuíram e, por isso, o transporte pode ser feito pelo operador da máquina, exceto na montagem final, pois é uma operação manual e o transporte do produto já não pode ser feito pelo operador.

Relativamente ao fluxo de informação é importante realçar que existirá um plano de produção para a montagem final, a restante cadeia de valor produzirá de acordo com o controlo por consumo. Assim, conseguimos diminuir mais um desperdício, que era a criação de mais do que um plano de produção para a mesma cadeia de valor.

Em suma, consegue-se diminuir os desperdícios identificados na secção 4.5 Identificação dos desperdícios, através da mudança de *layout* e implementação do controlo por consumo.

5.3 Controlo por Consumo

Após a mudança de *layout*, a implementação do controlo por consumo foi a solução encontrada para fazer face à falta de controlo de produção. Para implementar o controlo por consumo criou-se uma ferramenta em Excel, Ferramenta Controlo por Consumo, que tem como principal objetivo calcular o número de *kanbans* necessários para cada *loop* de controlo e a área do supermercado. A Ferramenta Controlo por Consumo serve como um sistema de apoio à decisão de implementação de *layout* funcional ou por processo, uma vez que se consegue comparar os vários cenários e perceber qual dos dois *layouts* é mais vantajoso, relativamente ao número de peças que o supermercado armazenará (através do número de *kanbans*) e à área do supermercado.

Em primeiro lugar foram definidos os *loops* de controlo que podem ser visualizados na Figura 42.

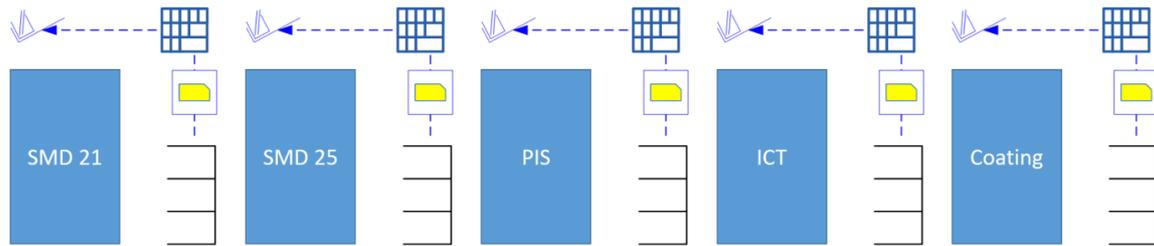


Figura 42 - Loops de controlo da AN3

Para a definição dos *loops* de controlo utilizou-se o princípio de Rother e Shook que é “cria fluxo onde podes e puxa onde deves”. Como a aplicação de *FIFO lanes* não era possível devido às diferenças dos tempos de ciclo entre o processo a montante e a jusante ser superior a 10% para cada produto (Anexo II – Diferenças entre os tempos de ciclo do processo a montante e o processo a jusante para cada runner da AN3), colocaram-se supermercados para separar os diferentes processos.

Posto isto, definiu-se o período de planeamento que será igual ao período dos planos de produção que é de uma semana.

De seguida, procedeu-se à análise dos produtos que serão controlados pelo consumo através da análise dos produtos da AN3, que pode ser consultada na Tabela 1. Nesta etapa foram definidos os produtos *runners*, que serão controlados pelo consumo que são: o 3611, 3886, 1672, 2259, 1226 e 1458.

Na Figura 43 estão representados os *bubble diagrams* dos produtos *runners* da AN3, esta metodologia serve para representar a cadeia de valor dos produtos, onde os círculos representam os processos ou máquinas onde estes produtos são processados e as setas representam o trajeto do produto.

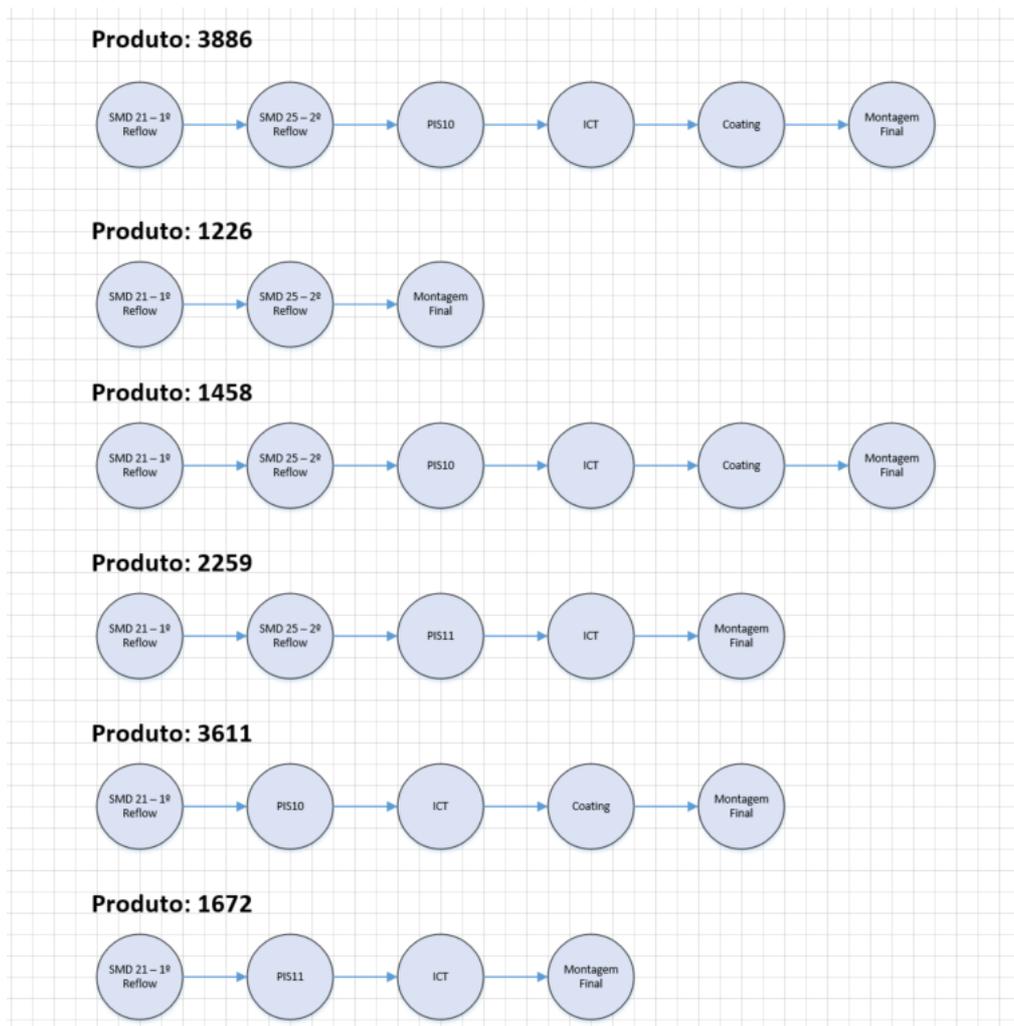


Figura 43 - Bubble diagrams dos produtos da AN3

Pela análise da Figura 43 nota-se que as cadeias de valor diferem de produto para produto. Por isso, é necessário saber as cadeias de valor de cada produto para alocá-los nos respetivos supermercados. Para o produto 1226 como a cadeia de valor só é composta pela SMD21, SMD25 e montagem final, então este produto só será armazenado nos supermercados da SMD21, SMD25 e montagem final. O mesmo se aplica aos restantes *runners* da AN3.

De seguida, realizaram-se os cálculos para determinar o número de *kanbans* que é necessário para cada *loop* de controlo. Para esta tarefa utilizou-se a Ferramenta Controlo por Consumo, uma vez que esta calcula as últimas cinco etapas da secção 2.7 Controlo por consumo.

5.3.1 Cálculos do layout por processo utilizando a Ferramenta Controlo por Consumo

Nesta secção são apresentados os cálculos do *layout* por processo (Figura 37) utilizando a Ferramenta Controlo por Consumo.

O primeiro *loop* de controlo calculado foi o da SMD21 que está representado na Figura 44.

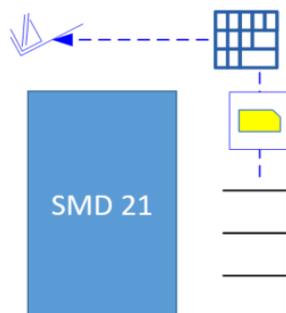


Figura 44 - Loop de controlo da SMD21

Em primeiro lugar foram definidos os produtos que serão controlados pelo consumo, que são os de classe A da AN3 e que são processados na SMD21 que, neste caso, são todos os produtos de classe A como pode ser visualizado na Figura 43. De seguida, foram introduzidos os dados na Ferramenta Controlo por Consumo, referentes à quinta e sexta etapa do controlo por consumo. Na Figura 45 está representada a primeira parte da ferramenta.

	Data						Total
	3886	1672	1458	2259	1226	3611	
Capacidade total (min) / semana	9600						
Pausas planeadas (min) / semana	0						
Tempo planeado de produção (POT min) / semana	9600						
Perdas de OEE nos últimos 2 periodos (%)	10%						
Capacidade de fornecimento (min) / semana	8640						
Tempo de ciclo (min)	0,01600	0,05400	0,04900	0,04200	0,01380	0,01600	
Quantidade de peças encomendadas (uni) / semana	12373	11226	6055	36273	6219	45382	Total
Capacidade necessária (min)	197,968	606,204	296,695	1523,466	85,8222	726,112	3436,2672
Tempo de setup (min)	6						
Capacidade disponível para setup	5203,7328						
Quantidade de setups possíveis por semana	867						
EPEI	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
Lot size (LS)	441,8928571	480	336	1295,464286	1176	1620,785714	
LS * tempo de ciclo (min)	7,070285714	25,92	16,464	54,4095	16,2288	25,93257143	
LS * tempo de ciclo max	54,4095	54,4095	54,4095	25,93257143	54,4095	54,4095	
Takt Time (min)	0,0176	0,0594	0,0539	0,0462	0,01518	0,0176	
Tempo de atravessamento (TPT)	12	12	12	12	12	12	
Tempo para inspeção de Qualidade (RTQ)	0	0	0	0	0	0	
Tempo de ciclo do milk-run	0	0	0	0	0	0	
%Cumulativa de ganhos OEE do processo a jusante	0	0	0	0	0	0	
NPK	315	480	336	378	1176	138	
WA	25,60324146	34,7585	22,12571667	59,16544756	77,276675	90,72066649	

Figura 45 - Ferramenta Controlo por Consumo (1ª parte) da SMD21 com o layout por processo

Na primeira parte da Ferramenta de Controlo por Consumo tem de se fornecer os *inputs* ao sistema que serão explicados de seguida:

1. Determinar a capacidade total por semana, que foi igual a 9600 minutos, isto porque semanalmente existem 20 turnos de 480 minutos, multiplicando os turnos pelos minutos obtemos a capacidade total por semana.
2. Determinar as pausas planeadas em minutos por semana, que neste caso foram iguais a 0.

3. Determinar as perdas de OEE nos últimos dois períodos de planeamento sem *setups*. Para isso foram analisados os dados fornecidos pela empresa (Anexo I – Informações sobre os processos para cada runner da AN3) e determinaram-se as perdas de OEE, que neste caso foram iguais a 10% (100%-90%).
4. Com os valores determinados nas etapas anteriores a ferramenta calcula a capacidade de fornecimento semanal, subtraindo as pausas planeadas e as perdas de OEE à capacidade total.
5. De seguida, é necessário introduzir no sistema os tempos de ciclo para cada produto. Neste caso os tempos de ciclo foram fornecidos pela empresa e podem ser visualizados no Anexo I – Informações sobre os processos para cada runner da AN3. Também é necessário introduzir no sistema as quantidades de peças encomendadas semanalmente.
6. Com os valores introduzidos no passo 5, a ferramenta calcula a capacidade semanal necessária para produzir os produtos em questão, multiplicando o tempo de ciclo dum produto pela respetiva quantidade semanal encomendada.
7. Posteriormente, a ferramenta calcula a capacidade semanal disponível para *setups*, subtraindo a capacidade de fornecimento semanal pela capacidade semanal necessária para produzir todos os produtos (Total).
8. Introduce-se o tempo de *setup* para cada produto, sendo que neste caso todos os produtos têm o mesmo tempo de *setup* igual a 6 minutos (Anexo I – Informações sobre os processos para cada runner da AN3).
9. Com os valores da etapa 7 e 8, a ferramenta calcula a quantidade de *setups* possíveis por semana, dividindo a capacidade semanal disponível para *setups* pelo tempo de *setup*, que foi igual a 867 *setups* semanais.
10. De seguida, determina-se o EPEI para cada produto tendo em conta o número de *setups* que é possível realizar. Neste caso, o EPEI é 0,25 devido a restrições por parte da produção, ou seja, para cada produto são realizados 4 *setups* por dia que equivale a 28 *setups* por produto semanal. Como estão a ser controlados pelo consumo oito produtos, o número de *setups* realizados semanalmente é 168 *setups* que é inferior aos 867 *setups* semanais possíveis.
11. Determinar o tamanho de lote (LS) que é igual à quantidade de peças encomendadas diariamente a multiplicar pelo EPEI, caso este valor seja inferior ao NPK então LS é igual ao NPK.
12. Por último é necessário introduzir no sistema o *takt-time*, o tempo de atravessamento (TPT), o tempo de inspeção de qualidade (RTQ), o tempo de ciclo do *milkrun*, a percentagem cumulativa

de ganhos de OEE do processo a jusante e o NPK (Anexo I – Informações sobre os processos para cada runner da AN3).

Posto isto, foram realizados os cálculos referentes à sétima etapa do controlo por consumo, que diz respeito ao cálculo do número de *kanbans* do *loop* de controlo. Nesta etapa calculou-se o tempo de reposição (*RTloop*) que é igual a:

$$RT_{loop} = RT1 + RT2 + RT3 + RT4 + RT5 + RT6$$

Para o cálculo do tempo de reposição, foi utilizada a segunda parte da ferramenta como pode ser visualizado na Figura 46.

	RT Loop					
RT1	0	0	0	0	0	0
RT2	60,4095	60,4095	60,4095	31,93257143	60,4095	60,4095
RT3	0	0	0	0	0	0
RT4	6	6	6	6	6	6
RT5	17,024	37,866	28,415	27,834	28,215	14,192
RT6	0	0	0	0	0	0
Rtloop (min)	83,4335	104,2755	94,8245	65,76657143	94,6245	80,6015
Rtloop (dias)	0,057939931	0,072413542	0,065850347	0,04567123	0,065711458	0,055973264

Figura 46 - Ferramenta Controlo por Consumo (2ª parte) da SMD21 com o layout por processo

O RT1 diz respeito ao tempo entre a retirada do produto do supermercado e a chegada do *kanban* ao *kanban box* e é igual a 0, devido ao suporte de uma ferramenta informática. Esta ferramenta depois da retirada de material do supermercado envia o *kanban* para o *kanban box*, instantaneamente.

O RT2 é o tempo que o *kanban* permanece no *kanban box* e para o calcular foi utilizada a seguinte fórmula:

$$RT2 = (LS \times \text{tempo de ciclo})_{max} + \text{tempo de setup}$$

Para o cálculo foram utilizados os valores da Figura 45.

O RT3 é o tempo necessário para a preparação de material e é igual a 0, devido a esta atividade ser feita em paralelo, logo este tempo já está incluído no *RTloop*.

O RT4 é o tempo necessário para realizar o *setup* logo é igual ao tempo de *setup* presente na Figura 45.

O RT5 é referente ao tempo de produção e para o calcular foi utilizada a seguinte fórmula:

$$RT5 = \text{tempo de atravessamento} + (NPK - 1) \times \text{tempo de ciclo} + RTQ$$

Para o cálculo foram utilizados os dados da Figura 45.

O RT6 é o tempo de ciclo do *milkrun* e é igual a 0, porque não é necessário o *milkrun* para fazer o transporte dos produtos. Isto deve-se à mudança de *layout* que tornou os processos mais próximos, e por isso os próprios operadores podem fazer o transporte dos produtos, visto que as máquinas SMD, PIS, ICT e Coating são automáticas o que leva a que os operados só tenham tarefas de abastecimento e transporte de produtos.

Posto isto, foi calculado o tempo de reposição em minutos que é igual ao somatório dos RTs, e por último em dias dividindo o valor anterior por 1440 (24h × 60min).

De seguida, procedeu-se ao cálculo do número de *kanbans* (K) do *loop* de controlo, aplicando a seguinte fórmula:

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

Para este cálculo foi utilizada a terceira parte da ferramenta, como pode ser visualizado na Figura 47.

	RELOWISA						
RE	15,05	3,66	5,24	3,77	5,30	33,19	
LO	0,40	0,00	0,00	2,43	0,00	10,74	
WI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
SA	24,74	4,81	7,57	7,85	7,68	56,47	
Total (kanbans)/MAX	41	9	13	15	13	101	
Total (peças)	12915	4320	4368	5670	15288	13938	
Total (horas)	3,44	3,89	3,57	3,97	3,52	3,72	
Total (dias)	0,14	0,16	0,15	0,17	0,15	0,15	Total
Total (rampas)	9	2	3	3	3	21	41
MIN	25	5	8	8	8	57	

Figura 47 - Ferramenta Controlo por Consumo (3ª parte) da SMD21 com o layout por processo

Em primeiro lugar foi calculado o RE, que é o número de *kanbans* necessário para fazer face à necessidade do cliente de acordo com o *takt-time*, durante o tempo de reposição. Para este cálculo foi utilizada a seguinte fórmula:

$$RE = \frac{RTloop}{TT \times NPK}$$

Para determinar o numerador foram utilizados os valores presentes na segunda parte da ferramenta (tempo de reposição em dias), e para o cálculo do denominador foram utilizados valores da primeira parte da ferramenta.

De seguida foi calculado o LO, que representa o número de *kanbans* necessário para fazer face à construção de lote, e para o calcular foi utilizada a seguinte fórmula:

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

Para este cálculo foram utilizados os valores presentes na primeira parte da ferramenta.

Posto isto, avançou-se para o cálculo do WI, que é o número de *kanbans* necessário para fazer face às flutuações do processo cliente. Para este cálculo foi utilizada a seguinte fórmula:

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

Para a primeira etapa do cálculo (divisão) foram utilizados os valores presentes na primeira parte da ferramenta. Os restantes valores foram calculados anteriormente na terceira parte da ferramenta. Caso o WI seja inferior a 0 este assume o valor de 0.

De seguida, procedeu-se ao cálculo do SA, que se refere ao número de *kanbans* necessário para cobrir os riscos e flutuações desconhecidas, e a fórmula utilizada foi a seguinte:

$$SA = SA1sup + SA2sup$$

$$SA1sup = \frac{RTloop\Delta}{TT \times NPK}$$

$$SA2sup = \%Cum. Ganhos OEE do processo a jusante \times \frac{WA}{NPK}$$

Com os valores determinados, a ferramenta calcula o número total de *kanbans* para cada produto que será controlado pelo consumo. Este valor pode ser transformado: em peças, multiplicando o número de *kanbans* pelo NPK; em horas, multiplicando o número de peças pelo tempo de ciclo; em rampas, dividindo o número de *kanbans* por 5, uma vez que cada rampa só tem espaço para 5 contentores (1 *kanban* equivale a 1 contentor). Por último obtemos o mínimo (MIN) e o máximo (MAX) do supermercado. Pela análise da Figura 47 denota-se que o supermercado da SMD21 necessitará de um total de 41 rampas e no máximo armazenará: 12660 peças do produto 3886; 4064 peças do produto 1672; 4304 peças do produto 1458; 5310 peças do produto 2259; 15268 peças do produto 1226; 13855 peças do produto 3611.

O próximo *loop* de controlo calculado foi o da SMD25 que está representado na Figura 48.

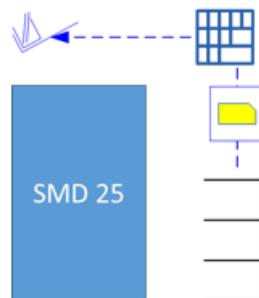


Figura 48 - Loop de controlo da SMD25

Em primeiro lugar, foram definidos os produtos que serão controlados pelo consumo que são o 3886, 1226, 1458 e o 2259, como pode ser visualizado na Figura 43. De seguida, foram realizados os cálculos, onde se utilizou a Ferramenta Controlo por Consumo como pode ser visualizado nas Figura 49, Figura 50 e Figura 51.

	Data				Total
	3886	1458	2259	1226	
Capacidade total (min) / semana	9600				
Pausas planeadas (min) / semana	0				
Tempo planeado de produção (POT min) / semana	9600				
Perdas de OEE nos últimos 2 periodos (%)	10%				
Capacidade de fornecimento (min) / semana	8640				
Tempo de ciclo (min)	0,06300	0,03100	0,04590	0,01300	
Quantidade de peças encomendadas (uni) / semana	12373	6055	36273	6219	Total
Capacidade necessária (min)	779,499	187,705	1664,9307	80,847	2712,982
Tempo de setup (min)	6				
Capacidade disponível para setup	5927,0183				
Quantidade de setups possíveis por semana	987				
EPEI	0,25	0,25	0,25	0,25	
Lot size (LS)	441,8928571	336	1295,464286	1176	
LS * tempo de ciclo (min)	27,83925	10,416	59,46181071	15,288	
LS * tempo de ciclo max	59,46181071	59,46181071	27,83925	59,46181071	
Takt Time (min)	0,0693	0,0341	0,05049	0,0143	
Tempo de atravessamento (TPT)	12	12	12	12	
Tempo para inspeção de Qualidade (RTQ)	0	0	0	0	
Tempo de ciclo do milk-run	0	0	0	0	
%Cumulativa de ganhos OEE do processo a jusante	0	0	0	0	
NPK	315	336	378	1176	
WA	31,68243229	21,89758917	62,20347195	80,63506208	

Figura 49 - Ferramenta Controlo por Consumo (1ª parte) da SMD25 com o layout por processo

	RT Loop			
	0	0	0	0
RT1	0	0	0	0
RT2	65,46181071	65,46181071	33,83925	65,46181071
RT3	0	0	0	0
RT4	6	6	6	6
RT5	31,782	22,385	29,3043	27,275
RT6	0	0	0	0
Rtloop (min)	103,2438107	93,84681071	69,14355	98,73681071
Rtloop (dias)	0,071697091	0,065171396	0,048016354	0,06856723

Figura 50 - Ferramenta Controlo por Consumo (2ª parte) da SMD25 com o layout por processo

	RELOWISA				Total
	4,73	8,19	3,62	5,87	
RE	4,73	8,19	3,62	5,87	
LO	0,40	0,00	2,43	0,00	
WI	0,00	0,00	0,00	0,00	
SA	6,29	11,98	7,20	8,16	
Total (kanbans)/MAX	12,00	21,00	14,00	15,00	
Total (peças)	3780	7056	5292	17640	
Total (horas)	3,97	3,65	4,05	3,82	
Total (dias)	0,17	0,15	0,17	0,16	
Total (rampas)	3	5	3	3	14
MIN	7	12	8	9	

Figura 51 - Ferramenta Controlo por Consumo (3ª parte) da SMD25 com o layout por processo

Pela análise da Figura 51 denota-se que o supermercado da SMD25 necessitará de um total de 14 rampas e no máximo armazenará: 3780 peças do produto 3886, 7056 peças do produto 1458, 5292 peças do produto 2259 e 17640 peças do produto 1226.

O próximo *loop* de controlo calculado foi o da PIS que pode ser visualizado na Figura 52.

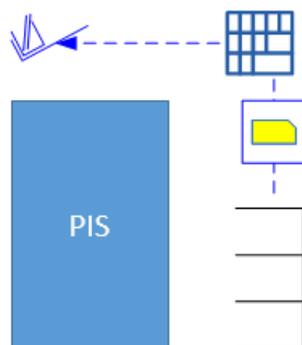


Figura 52 - Loop de controlo PIS

Este *loop* de controlo é ligeiramente diferente dos anteriores, uma vez que nesta etapa de produção temos duas máquinas que fazem esta operação que são a PIS10 e a PIS11. Por causa de especificações dos produtos a PIS10 está dedicada aos produtos 3886, 1458 e o 3611. A PIS11 pelas mesmas razões está dedicada aos produtos 2259 e o 1672. Estes produtos serão controlados pelo consumo nesta etapa como pode ser visualizado na Figura 43.

De seguida, foram realizados os cálculos onde se utilizou a Ferramenta Controlo por Consumo como pode ser visualizado na Figura 53.

	Data				
	3886	3611	1458	2259	1672
Capacidade total (min) / semana	9600				
Pausas planeadas (min) / semana	0				
Tempo planeado de produção (POT min) / semana	9600				
Perdas de OEE nos últimos 2 períodos (%)	10%				
Capacidade de fornecimento (min) / semana	8640				
Tempo de ciclo (min)	0,04000	0,13000	0,04000	0,06000	0,08000
Quantidade de peças encomendadas (uni) / semana	12373	45382	6055	36273	11226
Capacidade necessária (min)	494,92	5899,66	242,2	2176,38	898,08
Tempo de setup (min)	35				
Capacidade disponível para setup	General Data				
Quantidade de setups possíveis por semana					
EPEI	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Lot size (LS)	441,8928571	1620,785714	336	1295,464286	480
LS * tempo de ciclo (min)	17,67571429	210,7021429	13,44	77,72785714	38,4
LS * tempo de ciclo max	210,7021429	77,72785714	210,7021429	210,7021429	210,7021429
Takt Time (min)	0,044	0,143	0,044	0,066	0,088
Tempo de atravessamento (TPT)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Tempo para inspeção de Qualidade (RTQ)	0	0	0	0	0
Tempo de ciclo do milk-run	0	0	0	0	0
%Cumulativa de ganhos OEE do processo a jusante	0	0	0	0	0
NPK	315	138	336	378	480
WA	91,06741055	190,2598222	69,4405	276,0257834	107,507381

Figura 53 - Ferramenta Controlo por Consumo (1ª parte) da PIS com o layout por processo

Neste caso, como as máquinas PIS10 (rosa) e PIS11 (verde) estão dedicadas a certos produtos, os cálculos para determinar a quantidade de *setups* disponíveis por semana foi ligeiramente diferente dos anteriores. Na Figura 54 está representado o cálculo auxiliar (General Data).

General Data		
PIS11		
Capacidade necessária	3074,46	min
Capacidade de fornecimento	8640	min
Tempo de setup	35	min
Capacidade disponível para setup	5565,54	min
Quantidade de setups possíveis por semana	159,0154	uni
PIS10		
Capacidade necessária	63810	min
Capacidade de fornecimento	8640	min
Tempo de setup	35	min
Capacidade disponível para setup	55170	min
Quantidade de setups possíveis por semana	1576,286	uni

Figura 54 - Cálculos auxiliares da PIS10 e PIS11 com o layout por processo

Pela análise da Figura 54, nota-se que a capacidade necessária para cada máquina varia, uma vez que para a PIS11 o total da capacidade necessária é igual à soma das capacidades necessárias dos produtos 2259 e 1672. No caso da PIS10, o total da capacidade necessária é igual à soma das capacidades necessárias dos produtos 3886, 3611 e 1458. O resto do cálculo, para determinar a quantidade de setups por semana é igual aos anteriores, ou seja, subtrai-se a capacidade de fornecimento pela capacidade necessária e divide-se esse resultado pelo tempo de *setup*.

Os restantes cálculos foram realizados da mesma forma que nos *loops* de controlo anteriores (SMD21 e SMD25), como está representado na Figura 55 e na Figura 56.

	RT Loop				
RT1	0	0	0	0	0
RT2	245,7021429	112,7278571	245,7021429	245,7021429	245,7021429
RT3	0	0	0	0	0
RT4	35	35	35	35	35
RT5	16,06	21,31	16,9	26,12	41,82
RT6	0	0	0	0	0
Rtloop (min)	296,7621429	169,0378571	297,6021429	306,8221429	322,5221429
Rtloop (dias)	0,206084821	0,117387401	0,206668155	0,213070933	0,22397371

Figura 55 - Ferramenta Controlo por Consumo (2ª parte) da PIS com o layout por processo

	RELOWISA					
RE	21,41	8,57	20,13	12,30	7,64	
LO	0,40	10,74	0,00	2,43	0,00	
WI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
SA	9,92	7,09	9,30	5,57	3,27	
Total (kanbans)/MAX	32,00	27,00	30,00	21,00	11,00	
Total (peças)	10080	3726	10080	7938	5280	
Total (horas)	6,72	8,07	6,72	7,94	7,04	
Total (dias)	0,28	0,34	0,28	0,33	0,29	Total
Total (rampas)	7	6	6	5	3	27
MIN	10	8	10	6	4	

Figura 56 - Ferramenta Controlo por Consumo (3ª parte) da PIS com o layout por processo

Pela análise da Figura 56 denota-se que o supermercado da PIS10 e PIS11 necessitará de um total de 27 rampas e no máximo armazenará: 10080 peças do produto 3886, 3726 peças do produto 3611, 10080 peças do produto 1458, 7938 peças do produto 2259 e 5280 peças do produto 1672.

O próximo *loop* de controlo calculado foi o dos ICTs que pode ser visualizado na Figura 57.

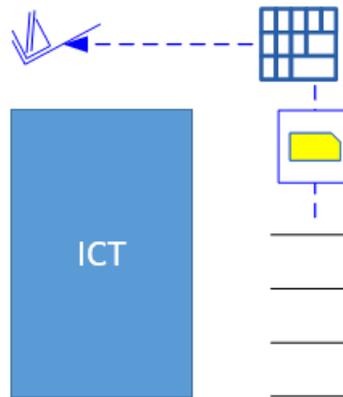


Figura 57 - Loop de controlo ICT

Este *loop* de controlo também é ligeiramente diferente dos anterior uma vez que existem 3 máquinas ICTs para realizar esta operação. O caso dos ICTs é diferente do caso das PIS10 e PIS11, uma vez que estas máquinas conseguem produzir qualquer produto. Esta diferença reflete-se na capacidade total por semana uma vez que temos 3 máquinas, e por isso, temos de multiplicar os minutos disponíveis por turno por três, ou seja, multiplica-se os 9600 minutos por três que é igual a 28800 minutos.

Nas Figura 58, Figura 59 e Figura 60 estão representados os cálculos referentes ao *loop* dos ICTs.

	Data					Total
	3611	3886	1672	1458	2259	
Capacidade total (min) / semana	28800					
Pausas planeadas (min) / semana	0					
Tempo planeado de produção (POT min) / semana	28800					
Perdas de OEE nos últimos 2 periodos (%)	10%					
Capacidade de fornecimento (min) / semana	25920					
Tempo de ciclo (min)	0,08517	0,04667	0,03633	0,04283	0,04783	
Quantidade de peças encomendadas (uni) / semana	45382	12373	11226	6055	36273	
Capacidade necessária (min)	3865,033667	577,4066667	407,878	259,3558333	1735,0585	6844,73267
Tempo de setup (min)	10					
Capacidade disponível para setup	19075,26733					
Quantidade de setups possíveis por semana	1907,526733					
EPEI	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
Lot size (LS)	11345,5	3093,25	2806,5	1513,75	9068,25	
LS * tempo de ciclo (min)	966,2584167	144,3516667	101,9695	64,83895833	433,764625	
LS * tempo de ciclo max	433,764625	966,2584167	966,2584167	966,2584167	966,2584167	
Takt Time (min)	0,093683333	0,051333333	0,039966667	0,047116667	0,052616667	
Tempo de atravessamento (TPT)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
Tempo para inspeção de Qualidade (RTQ)	0	0	0	0	0	
Tempo de ciclo do milk-run	0	0	0	0	0	
%Cumulativa de ganhos OEE do processo a jusante	0	0	0	0	0	
NPK	138	315	480	336	378	
WA	3678,876532	2153,270935	1959,019019	1053,430802	6333,867726	

Figura 58 - Ferramenta Controlo por Consumo (1ª parte) do ICT com o layout por processo

	RT Loop				
RT1	0	0	0	0	0
RT2	443,764625	976,2584167	976,2584167	976,2584167	976,2584167
RT3	0	0	0	0	0
RT4	10	10	10	10	10
RT5	13,16783333	16,15333333	18,90366667	15,84916667	19,53316667
RT6	0	0	0	0	0
Rtloop (min)	466,9324583	1002,41175	1005,162083	1002,107583	1005,791583
Rtloop (dias)	0,324258652	0,696119271	0,698029225	0,695908044	0,698466377

Figura 59 - Ferramenta Controlo por Consumo (2ª parte) do ICT com o layout por processo

	RELOWISA					
RE	36,12	61,99	52,40	63,30	50,57	
LO	81,21	8,82	4,85	3,51	22,99	
WI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
SA	13,27	9,16	7,56	8,98	8,57	
Total (kanbans)/MAX	131,00	80,00	65,00	76,00	83,00	
Total (peças)	18078	25200	31200	25536	31374	
Total (horas)	25,66	19,60	18,89	18,23	25,01	
Total (dias)	1,07	0,82	0,79	0,76	1,04	Total
Total (rampas)	27	16	13	16	17	89
MIN	14	10	8	9	9	

Figura 60 - Ferramenta Controlo por Consumo (3ª parte) do ICT com o layout por processo

Pela análise da Figura 60 denota-se que o supermercado dos ICTs necessitará de um total de 89 rampas e no máximo armazenará: 18078 peças do produto 3611, 25200 peças do produto 3886, 31200 peças do produto 1672, 25536 peças do produto 1458 e 31374 peças do produto 2259.

Por último, calculou-se o *loop* de controlo do Coating que pode ser visualizado na Figura 61.

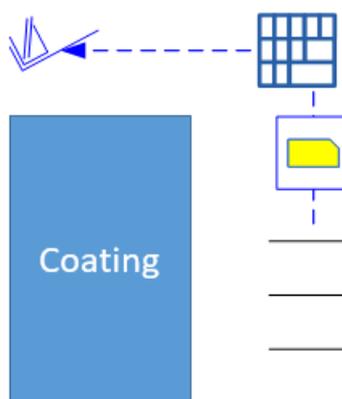


Figura 61 - Loop de controlo do Coating

Neste *loop* de controlo, como temos duas máquinas de Coating que conseguem produzir qualquer produto então a capacidade total por semana será duas vezes o número de minutos por turno, e neste caso, é 9600 a multiplicar por dois que é igual a 19200 minutos.

Nas Figura 62, Figura 63 e Figura 64 estão representados os cálculos referentes *loop* do Coating.

	Data			
	3611	3886	1458	
Capacidade total (min) / semana	19200			
Pausas planeadas (min) / semana	0			
Tempo planeado de produção (POT min) / semana	19200			
Perdas de OEE nos últimos 2 periodos (%)	10%			
Capacidade de fornecimento (min) / semana	17280			
Tempo de ciclo (min)	0,13000	0,08000	0,07000	
Quantidade de peças encomendadas (uni) / semana	33280	12800	9360	Total
Capacidade necessária (min)	4326,4	1024	655,2	6005,6
Tempo de setup (min)	20			
Capacidade disponível para setup	11274,4			
Quantidade de setups possíveis por semana	563,72			
EPEI	0,25	0,25	0,25	
Lot size (LS)	8320	3200	2340	
LS * tempo de ciclo (min)	1081,6	256	163,8	
LS * tempo de ciclo max	256	1081,6	1081,6	
Takt Time (min)	0,143	0,088	0,077	
Tempo de atravessamento (TPT)	45	45	45	
Tempo para inspeção de Qualidade (RTQ)	0	0	0	
Tempo de ciclo do milk-run	0	0	0	
%Cumulativa de ganhos OEE do processo a jusante	0	0	0	
NPK	138	315	336	
WA	2073,124444	2648,266667	1933,83125	

Figura 62 - Ferramenta Controlo por Consumo (1ª parte) do Coating com o layout por processo

	RT Loop		
RT1	0	0	0
RT2	276	1101,6	1101,6
RT3	0	0	0
RT4	20	20	20
RT5	62,81	70,12	68,45
RT6	0	0	0
Rtloop (min)	358,81	1191,72	1190,05
Rtloop (dias)	0,249173611	0,827583333	0,826423611

Figura 63 - Ferramenta Controlo por Consumo (2ª parte) do Coating com o layout por processo

	RELOWISA			
RE	18,18	42,99	46,00	
LO	59,29	9,16	5,96	
WI	0,00	0,00	0,00	
SA	8,45	5,79	5,88	
Total (kanbans)/MAX	86,00	58,00	58,00	
Total (peças)	11868	18270	19488	
Total (horas)	25,71	24,36	22,74	
Total (dias)	1,07	1,02	0,95	Total
Total (rampas)	18	12	12	42
MIN	9	6	6	

Figura 64 - Ferramenta Controlo por Consumo (3ª parte) do Coating com o layout por processo

Pela análise da Figura 64 denota-se que o supermercado das máquinas de Coating necessitará de um total de 42 rampas e no máximo armazenará: 11868 peças do produto 3611, 18270 peças do produto 3886, 19488 peças do produto 1458.

5.3.2 Cálculos do layout funcional utilizando a Ferramenta Controlo por Consumo

Nesta secção são apresentados os cálculos do *layout* funcional (Figura 34) utilizando a Ferramenta Controlo por Consumo, que vão servir como base de comparação para avaliar os ganhos com a mudança de *layout*, uma vez que as propostas de melhoria ainda não foram implementadas.

O primeiro *loop* de controlo calculado é o da SMD21, e está representado nas Figura 65, Figura 66 e Figura 67.

	Data						Total
	3886	1672	1458	2259	1226	3611	
Capacidade total (min) / semana	9600						
Pausas planeadas (min) / semana	0						
Tempo planeado de produção (POT min) / semana	9600						
Perdas de OEE nos últimos 2 periodos (%)	10%						
Capacidade de fornecimento (min) / semana	8640						
Tempo de ciclo (min)	0,01600	0,05400	0,04900	0,04200	0,01380	0,01600	
Quantidade de peças encomendadas (uni) / semana	12373	11226	6055	36273	6219	45382	
Capacidade necessária (min)	197,968	606,204	296,695	1523,466	85,8222	726,112	3436,2672
Tempo de setup (min)	6						
Capacidade disponível para setup	5203,7328						
Quantidade de setups possíveis por semana	867						
EPEI	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
Lot size (LS)	441,8928571	480	336	1295,464286	1176	1620,785714	
LS * tempo de ciclo (min)	7,070285714	25,92	16,464	54,4095	16,2288	25,93257143	
LS * tempo de ciclo max	54,4095	54,4095	54,4095	25,93257143	54,4095	54,4095	
Takt Time (min)	0,0176	0,0594	0,0539	0,0462	0,01518	0,0176	
Tempo de atravessamento (TPT)	12	12	12	12	12	12	
Tempo para inspeção de Qualidade (RTQ)	0	0	0	0	0	0	
Tempo de ciclo do milk-run	0	30	0	0	0	30	
%Cumulativa de ganhos OEE do processo a jusante	0	0	0	0	0	0	
NPK	315	480	336	378	1176	138	
WA	25,60324146	44,7585	22,12571667	59,16544756	77,276675	124,4870355	

Figura 65 - Ferramenta Controlo por Consumo (1ª parte) da SMD21 com o layout funcional

	RT Loop					
	0	0	0	0	0	0
RT1	0	0	0	0	0	0
RT2	60,4095	60,4095	60,4095	31,93257143	60,4095	60,4095
RT3	0	0	0	0	0	0
RT4	6	6	6	6	6	6
RT5	17,024	37,866	28,415	27,834	28,215	14,192
RT6	0	30	0	0	0	30
Rtloop (min)	83,4335	134,2755	94,8245	65,76657143	94,6245	110,6015
Rtloop (dias)	0,057939931	0,093246875	0,065850347	0,04567123	0,065711458	0,076806597

Figura 66 - Ferramenta Controlo por Consumo (2ª parte) da SMD21 com o layout funcional

	RELOWISA						
RE	15,05	4,71	5,24	3,77	5,30	45,54	
LO	0,40	0,00	0,00	2,43	0,00	10,74	
WI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
SA	24,74	4,81	7,57	7,85	7,68	56,47	
Total (kanbans)/MAX	41,00	10,00	13,00	15,00	13,00	113,00	
Total (peças)	12915	4800	4368	5670	15288	15594	
Total (horas)	3,44	4,32	3,57	3,97	3,52	4,16	
Total (dias)	0,14	0,18	0,15	0,17	0,15	0,17	Total
Total (rampas)	9	2	3	3	3	23	43
MIN	25	5	8	8	8	57	

Figura 67 - Ferramenta Controlo por Consumo (3º parte) da SMD21 com o layout funcional

Pela análise da Figura 65, nota-se que as únicas diferenças entre este cálculo e o cálculo do *layout* por processo (Figura 45) são que os tempos de ciclo dos *milkruns* para os produtos 1672 e 3611 aumenta de 0 minutos para 30 minutos. Esta alteração acontece, uma vez que o processo pós SMD21, para os produtos 1672 e 3611, é a PIS e com o *layout* atual (Figura 34) este processo encontra-se demasiado longe para que os próprios operadores consigam fazer o transporte dos produtos. Com a mudança de *layout* os processos ficaram mais próximos e, por isso, não é necessário o *milkrun* para fazer o transporte. Nos restantes produtos (3886, 1458, 2259 e 1226) o tempo de ciclo do *milkrun* mantém-se igual, ou seja 0, uma vez que a SMD25 já se encontra próxima da SMD21 no *layout* atual (Figura 34), e por isso os próprios operadores transportam os produtos.

O próximo *loop* de controlo calculado é o da SMD25 e está representado nas Figura 68, Figura 69 e Figura 70.

	Data				Total
	3886	1458	2259	1226	
Capacidade total (min) / semana	9600				
Pausas planeadas (min) / semana	0				
Tempo planeado de produção (POT min) / semana	9600				
Perdas de OEE nos últimos 2 periodos (%)	10%				
Capacidade de fornecimento (min) / semana	8640				
Tempo de ciclo (min)	0,06300	0,03100	0,04590	0,01300	
Quantidade de peças encomendadas (uni) / semana	12373	6055	36273	6219	Total
Capacidade necessária (min)	779,499	187,705	1664,9307	80,847	2712,982
Tempo de setup (min)	6				
Capacidade disponível para setup	5927,0183				
Quantidade de setups possíveis por semana	987				
EPEI	0,25	0,25	0,25	0,25	
Lot size (LS)	441,8928571	336	1295,464286	1176	
LS * tempo de ciclo (min)	27,83925	10,416	59,46181071	15,288	
LS * tempo de ciclo max	59,46181071	59,46181071	27,83925	59,46181071	
Takt Time (min)	0,0693	0,0341	0,05049	0,0143	
Tempo de atravessamento (TPT)	12	12	12	12	
Tempo para inspeção de Qualidade (RTQ)	0	0	0	0	
Tempo de ciclo do milk-run	30	30	30	100	
%Cumulativa de ganhos OEE do processo a jusante	0	0	0	0	
NPK	315	336	378	1176	
WA	40,88853348	28,89758917	89,19231124	162,3017288	

Figura 68 - Ferramenta Controlo por Consumo (1º parte) da SMD25 com o layout funcional

	RT Loop			
RT1	0	0	0	0
RT2	65,46181071	65,46181071	33,83925	65,46181071
RT3	0	0	0	0
RT4	6	6	6	6
RT5	31,782	22,385	29,3043	27,275
RT6	30	30	30	100
Rtloop (min)	133,2438107	123,8468107	99,14355	198,7368107
Rtloop (dias)	0,092530424	0,08600473	0,068849688	0,138011674

Figura 69 - Ferramenta Controlo por Consumo (2ª parte) da SMD25 com o layout funcional

	RELOWISA				
RE	6,10	10,81	5,19	11,82	
LO	0,40	0,00	2,43	0,00	
WI	0,00	0,00	0,00	0,00	
SA	6,30	11,98	7,21	8,17	
Total (kanbans)/MAX	13,00	23,00	15,00	20,00	
Total (peças)	4095	7728	5670	23520	
Total (horas)	4,30	3,99	4,34	5,10	
Total (dias)	0,18	0,17	0,18	0,21	Total
Total (rampas)	3	5	3	4	15
MIN	7	12	8	9	

Figura 70 - Ferramenta Controlo por Consumo (3ª parte) da SMD25 com o layout funcional

Pela análise da Figura 68, denota-se que as diferenças entre este cálculo e o cálculo do *layout* por processo (Figura 49) são que os tempos de ciclo dos *milkruns* aumentam de 0 para 30 minutos, exceto no produto 1226 que aumenta de 0 para 100 minutos. Estas diferenças devem-se às distâncias entre processos, no caso do produto 1226 como o processo pós SMD25 é a montagem final (situada em MOE2) são necessários três *milkruns* para fazer o transporte (incluindo o camião) e por isso o somatório dos tempos de ciclo dos *milkruns* é 100 minutos (30+40+30). Nos restantes produtos (3886, 1458 e 2259), como o processo pós SMD25 é a PIS, só é necessário um *milkrun*, com um tempo de ciclo de 30 minutos, para fazer o transporte. Com a mudança de *layout* estes processos ficaram mais próximos e, por isso os próprios operadores conseguem fazer o transporte dos produtos.

O próximo *loop* de controlo calculado é da PIS e está representado nas Figura 71, Figura 72, Figura 73 e Figura 74.

	Data				
	3886	3611	1458	2259	1672
Capacidade total (min) / semana	9600				
Pausas planeadas (min) / semana	0				
Tempo planeado de produção (POT min) / semana	9600				
Perdas de OEE nos últimos 2 períodos (%)	10%				
Capacidade de fornecimento (min) / semana	8640				
Tempo de ciclo (min)	0,04000	0,13000	0,04000	0,06000	0,08000
Quantidade de peças encomendadas (uni) / semana	12373	45382	6055	36273	11226
Capacidade necessária (min)	494,92	5899,66	242,2	2176,38	898,08
Tempo de setup (min)	35				
Capacidade disponível para setup	General Data				
Quantidade de setups possíveis por semana					
EPEI	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Lot size (LS)	441,8928571	1620,785714	336	1295,464286	480
LS * tempo de ciclo (min)	17,67571429	210,7021429	13,44	77,72785714	38,4
LS * tempo de ciclo max	210,7021429	77,72785714	210,7021429	210,7021429	210,7021429
Takt Time (min)	0,044	0,143	0,044	0,066	0,088
Tempo de atravessamento (TPT)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Tempo para inspeção de Qualidade (RTQ)	0	0	0	0	0
Tempo de ciclo do milk-run	0	0	0	0	0
%Cumulativa de ganhos OEE do processo a jusante	0	0	0	0	0
NPK	315	138	336	378	480
WA	91,06741055	190,2598222	69,4405	276,0257834	107,507381

Figura 71 – Ferramenta Controlo por Consumo (1ª parte) da PIS com o layout funcional

General Data	
PIS11	
Capacidade necessária	3074,46 min
Capacidade de fornecimento	8640 min
Tempo de setup	35 min
Capacidade disponível para setup	5565,54 min
Quantidade de setups possíveis por semana	159,0154 uni
PIS10	
Capacidade necessária	63810 min
Capacidade de fornecimento	8640 min
Tempo de setup	35 min
Capacidade disponível para setup	55170 min
Quantidade de setups possíveis por semana	1576,286 uni

Figura 72 – Cálculos auxiliares da PIS10 e PIS11 com o layout funcional

	RT Loop				
	0	0	0	0	0
RT1	0	0	0	0	0
RT2	245,7021429	112,7278571	245,7021429	245,7021429	245,7021429
RT3	0	0	0	0	0
RT4	35	35	35	35	35
RT5	16,06	21,31	16,9	26,12	41,82
RT6	0	0	0	0	0
Rtloop (min)	296,7621429	169,0378571	297,6021429	306,8221429	322,5221429
Rtloop (dias)	0,206084821	0,117387401	0,206668155	0,213070933	0,22397371

Figura 73 – Ferramenta Controlo por Consumo (2ª parte) da PIS com o layout funcional

	RELOWISA					
RE	21,41	8,57	20,13	12,30	7,64	
LO	0,40	10,74	0,00	2,43	0,00	
WI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
SA	9,92	7,09	9,30	5,57	3,27	
Total (kanbans)/MAX	32,00	27,00	30,00	21,00	11,00	
Total (peças)	10080	3726	10080	7938	5280	
Total (horas)	6,72	8,07	6,72	7,94	7,04	
Total (dias)	0,28	0,34	0,28	0,33	0,29	Total
Total (rampas)	7	6	6	5	3	27
MIN	10	8	10	6	4	

Figura 74 – Ferramenta Controlo por Consumo (3ª parte) da PIS com o layout funcional

Pela análise das Figura 71, Figura 72, Figura 73 e Figura 74, nota-se que não existem diferenças entre estes cálculos e os cálculos do *layout* por processo (Figura 53, Figura 54, Figura 55 e Figura 56), isto porque a distância entre os processos PIS e ICT manteve-se a mesma, e todos os produtos que são processados na PIS de seguida serão obrigatoriamente processados no ICT.

O próximo *loop* de controlo calculado é o do ICT e está representado nas Figura 75, Figura 76 e Figura 77.

	Data					
	3611	3886	1672	1458	2259	
Capacidade total (min) / semana	28800					
Pausas planeadas (min) / semana	0					
Tempo planeado de produção (POT min) / semana	28800					
Perdas de OEE nos últimos 2 periodos (%)	10%					
Capacidade de fornecimento (min) / semana	25920					
Tempo de ciclo (min)	0,08517	0,04667	0,03633	0,04283	0,04783	
Quantidade de peças encomendadas (uni) / semana	45382	12373	11226	6055	36273	Total
Capacidade necessária (min)	3865,033667	577,4066667	407,878	259,3558333	1735,0585	6844,73267
Tempo de setup (min)	10					
Capacidade disponível para setup	19075,26733					
Quantidade de setups possíveis por semana	1907,526733					
EPEI	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
Lot size (LS)	11345,5	3093,25	2806,5	1513,75	9068,25	
LS * tempo de ciclo (min)	966,2584167	144,3516667	101,9695	64,83895833	433,764625	
LS * tempo de ciclo max	433,764625	966,2584167	966,2584167	966,2584167	966,2584167	
Takt Time (min)	0,093683333	0,051333333	0,039966667	0,047116667	0,052616667	
Tempo de atravessamento (TPT)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
Tempo para inspeção de Qualidade (RTQ)	0	0	0	0	0	
Tempo de ciclo do milk-run	0	0	100	0	100	
%Cumulativa de ganhos OEE do processo a jusante	0	0	0	0	0	
NPK	138	315	480	336	378	
WA	3678,876532	2153,270935	2153,914852	1053,430802	6963,607309	

Figura 75 – Ferramenta Controlo por Consumo (1ª parte) do ICT com o layout funcional

	RT Loop				
RT1	0	0	0	0	0
RT2	443,764625	976,2584167	976,2584167	976,2584167	976,2584167
RT3	0	0	0	0	0
RT4	10	10	10	10	10
RT5	13,16783333	16,15333333	18,90366667	15,84916667	19,53316667
RT6	0	0	100	0	100
Rtloop (min)	466,9324583	1002,41175	1105,162083	1002,107583	1105,791583
Rtloop (dias)	0,324258652	0,696119271	0,767473669	0,695908044	0,767910822

Figura 76 – Ferramenta Controlo por Consumo (2ª parte) do ICT com o layout funcional

	RELOWISA					
RE	36,12	61,99	57,61	63,30	55,60	
LO	81,21	8,82	4,85	3,51	22,99	
WI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
SA	13,27	9,16	7,60	8,98	8,74	
Total (kanbans)/MAX	131,00	80,00	71,00	76,00	88,00	
Total (peças)	18078	25200	34080	25536	33264	
Total (horas)	25,66	19,60	20,64	18,23	26,52	
Total (dias)	1,07	0,82	0,86	0,76	1,10	Total
Total (rampas)	27	16	15	16	18	92
MIN	14	10	8	9	9	

Figura 77 – Ferramenta Controlo por Consumo (3ª parte) do ICT com o layout funcional

Pela análise da Figura 75, nota-se que as únicas diferenças entre este cálculo e o cálculo do *layout* por processo (Figura 58) são que os tempos de ciclo dos *milkruns* para os produtos 1672 e 2259 aumenta de 0 minutos para 100 minutos. Esta alteração acontece, uma vez que o processo pós ICT, para os produtos 1672 e 2259, é a montagem final (situada em MOE2) e, por isso, são necessários três *milkruns* para fazer o transporte (incluindo o camião). O somatório dos tempos de ciclo dos *milkruns* é 100 minutos (30+40+30). Para os restantes produtos (3611, 3886 e 1458), o tempo de ciclo do *milkrun* mantém-se igual, ou seja 0, uma vez que a PIS já se encontra próxima do Coating no *layout* atual (Figura 34), e por isso os próprios operadores transportam os produtos.

O próximo *loop* de controlo calculado é o do Coating e está representado nas Figura 78, Figura 79 e Figura 80.

	Data			
	3611	3886	1458	
Capacidade total (min) / semana	19200			
Pausas planeadas (min) / semana	0			
Tempo planeado de produção (POT min) / semana	19200			
Perdas de OEE nos últimos 2 periodos (%)	10%			
Capacidade de fornecimento (min) / semana	17280			
Tempo de ciclo (min)	0,13000	0,08000	0,07000	
Quantidade de peças encomendadas (uni) / semana	33280	12800	9360	Total
Capacidade necessária (min)	4326,4	1024	655,2	6005,6
Tempo de setup (min)	20			
Capacidade disponível para setup	11274,4			
Quantidade de setups possíveis por semana	563,72			
EPEI	0,25	0,25	0,25	
Lot size (LS)	8320	3200	2340	
LS * tempo de ciclo (min)	1081,6	256	163,8	
LS * tempo de ciclo max	256	1081,6	1081,6	
Takt Time (min)	0,143	0,088	0,077	
Tempo de atravessamento (TPT)	45	45	45	
Tempo para inspeção de Qualidade (RTQ)	0	0	0	
Tempo de ciclo do milk-run	100	100	100	
%Cumulativa de ganhos OEE do processo a jusante	0	0	0	
NPK	138	315	336	
WA	2650,902222	2870,488889	2096,33125	

Figura 78 – Ferramenta Controlo por Consumo (1º parte) do Coating com o layout funcional

	RT Loop		
RT1	0	0	0
RT2	276	1101,6	1101,6
RT3	0	0	0
RT4	20	20	20
RT5	62,81	70,12	68,45
RT6	100	100	100
Rtloop (min)	458,81	1291,72	1290,05
Rtloop (dias)	0,318618056	0,897027778	0,895868056

Figura 79 – Ferramenta Controlo por Consumo (2º parte) do Coating com o layout funcional

	RELOWISA			
RE	23,25	46,60	49,86	
LO	59,29	9,16	5,96	
WI	0,00	0,00	0,00	
SA	8,87	5,86	5,92	
Total (kanbans)/MAX	92,00	62,00	62,00	
Total (peças)	12696	19530	20832	
Total (horas)	27,51	26,04	24,30	
Total (dias)	1,15	1,09	1,01	Total
Total (rampas)	19	13	13	45
MIN	9	6	6	

Figura 80 – Ferramenta Controlo por Consumo (3º parte) do Coating com o layout funcional

Pela análise da Figura 78 nota-se que as únicas diferenças entre este cálculo e o cálculo do *layout* por processo (Figura 62) são que os tempos de ciclo dos *milkruns* aumenta de 0 minutos para 100 minutos, para todos os produtos. Esta alteração acontece, uma vez que o processo cliente é a montagem final (situada em MOE2) e, por isso, são necessários três *milkruns* para fazer o transporte (incluindo o caminhão). O somatório dos tempos de ciclo dos *milkruns* é 100 minutos (30+40+30). Com a mudança de *layout* estes processos ficaram mais próximos e no mesmo edifício, por isso os próprios operadores conseguem fazer o transporte dos produtos.

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo é apresentada a análise e discussão dos resultados inerentes às propostas de melhoria abordadas no capítulo anterior. Como as propostas de melhoria ainda não foram implementadas são apresentados os cálculos e os resultados previstos com a implementação dessas propostas.

6.1 Análise dos resultados previstos através da Ferramenta Controlo por Consumo

Nesta secção são comparados os resultados obtidos na Ferramenta Controlo por Consumo com o *layout* funcional (Figura 34) e o *layout* por processo (Figura 37), com o objetivo de verificar os ganhos e as perdas inerentes à mudança de *layout*.

6.2 Análise dos resultados previstos no *loop* da SMD21

O primeiro *loop* de controlo analisado é o da SMD21, onde serão apresentados os resultados sintetizados dos cálculos presentes na terceira parte da Ferramenta Controlo por Consumo com o *layout* funcional e com o *layout* por processo (Figura 47 e Figura 67). Na Figura 81 estão representados os resultados relativos à SMD21, relativamente ao número total de *kanbans* semanais do *loop* da SMD21, o número máximo de peças armazenadas semanalmente e o total de rampas do supermercado da SMD21.

SMD21 Layout Funcional							
Produto	3886	1672	1458	2259	1226	3611	
Total Kanbans	41	10	13	15	13	113	
Total peças	12915	4800	4368	5670	15288	15594	Total
Total de rampas	9	2	3	3	3	23	43

SMD21 Layout por Processo (Layout proposto)							
Produto	3886	1672	1458	2259	1226	3611	
Total Kanbans	41	9	13	15	13	101	
Total peças	12915	4320	4368	5670	15288	13938	Total
Total de rampas	9	2	3	3	3	21	41

Figura 81 - Resultados da SMD21

Pela análise da Figura 81, nota-se que com a mudança do *layout* funcional (Figura 34) para o *layout* por processo (Figura 37) diminui-se a quantidade de *kanbans* do *loop* da SMD21, e por isso, a quantidade máxima de produtos armazenados (WIP) no supermercado também diminui (relativamente aos produtos 1672 e 3611). A diminuição na quantidade máxima de WIP armazenado no supermercado reflete-se na área ocupada pelo supermercado, uma vez que no *layout* funcional são necessárias 43 rampas e no *layout* por processo são necessárias 41 rampas.

Estas melhorias devem-se à mudança de *layout* que colocou os processos mais próximos, e por isso, o tempo de ciclo dos *milkruns* diminui e, por conseguinte, a quantidade de WIP e a área do supermercado diminuiram.

Como a quantidade de *kanbans* semanais do *loop* da SMD21 diminui é expectável que a quantidade de produtos armazenados no supermercado também diminua na mesma proporção (como foi explicado no 2.7 Controlo por consumo). No caso do produto 1672, o número total de *kanbans* diminui uma unidade o que equivale a 480 peças (4800-4320), e no caso do produto 3611 diminui 12 unidades o que equivale a 1656 peças (15594-13938).

Considerando que o produto 1672 tem um custo unitário de 1,50€ (após ser processado na SMD21) e o produto 3611 tem um custo unitário de 3€ (após ser processado na SMD21), obtém-se uma diminuição na quantidade de WIP semanal equivalente a 5688€ (1,5×480+3×1656). Como um ano laboral tem 50 semanas produtivas, pode-se estimar uma diminuição na quantidade de WIP anual equivalente a 284 400€.

6.3 Análise dos resultados previstos no *loop* da SMD25

O próximo *loop* de controlo analisado é o da SMD25, e na Figura 82 estão representados os resultados relativos à SMD25 (Figura 51 e Figura 70).

SMD25 Layout Funcional					
Produto	3886	1458	2259	1226	
Total Kanbans	13	23	15	20	
Total peças	4095	7728	5670	23520	Total
Total de rampas	3	5	3	4	15

SMD25 Layout por Processo					
Produto	3886	1458	2259	1226	
Total Kanbans	12	21	14	15	
Total peças	3780	7056	5292	17640	Total
Total de rampas	3	5	3	3	14

Figura 82 – Resultados da SMD25

Pela análise da Figura 82, nota-se que a quantidade máxima semanal dos produtos armazenados (WIP) no supermercado da SMD25 diminui, por conseguinte, o número total de rampas do supermercado da SMD25 também diminui de 15 para 14 rampas. No caso do produto 3886 o número total de *kanbans* diminui uma unidade o que equivale a 315 peças, no produto 1458 diminui duas unidades o que equivale a 672 peças, no produto 2259 diminui uma unidade o que equivale a 378 peças e no produto 1226 diminui 5 unidades o que equivale a 5880 peças.

Considerando que os produtos 3886 e o 1226 têm um custo unitário de 1,50€ e os produtos 1458 e 2259 têm um custo unitário de 1€, obtém-se uma diminuição na quantidade de WIP semanal equivalente a 10342,50€. Como um ano laboral tem 50 semanas produtivas, estima-se uma diminuição na quantidade de WIP anual equivalente a 517 125€.

6.4 Análise dos resultados previstos no *loop* da PIS

O próximo *loop* de controlo analisado é o da PIS, e na Figura 83 estão representados os resultados relativos a este (Figura 56 e Figura 74).

PIS Layout Funcional						
Produto	3886	3611	1458	2259	1672	
Total Kanbans	32	27	30	21	11	
Total peças	10080	3726	10080	7938	5280	Total
Total de rampas	7	6	6	5	3	27

PIS Layout por Processo						
Produto	3886	3611	1458	2259	1672	
Total Kanbans	32	27	30	21	11	
Total peças	10080	3726	10080	7938	5280	Total
Total de rampas	7	6	6	5	3	27

Figura 83 - Resultados da PIS

Pela análise da Figura 83, nota-se que o número total de *kanbans* semanal do *loop* da PIS não se altera com a mudança de *layout*, por conseguinte o WIP e o número total de rampas do supermercado da PIS manteve-se o mesmo.

6.5 Análise dos resultados previstos no *loop* do ICT

O próximo *loop* de controlo analisado é o do ICT, e na Figura 84 estão representados os resultados relativos a este (Figura 60 e Figura 77).

ICT Layout Funcional						
Produto	3611	3886	1672	1458	2259	
Total Kanbans	131	80	71	76	88	
Total peças	18078	25200	34080	25536	33264	Total
Total de rampas	27	16	15	16	18	92

ICT Layout por Processo						
Produto	3611	3886	1672	1458	2259	
Total Kanbans	131	80	65	76	83	
Total peças	18078	25200	31200	25536	31374	Total
Total de rampas	27	16	13	16	17	89

Figura 84 - Resultados do ICT

Pela análise da Figura 84, nota-se que a quantidade máxima semanal dos produtos armazenados (WIP) no supermercado do ICT diminuiu, relativamente aos produtos 1672 e 2259, por conseguinte o número total de rampas do supermercado do ICT também diminuiu de 92 para 89 rampas. No caso do produto 1672 o número total de *kanbans* diminuiu seis unidades o que equivale a 2880 peças e no produto 2259 diminuiu cinco unidades o que equivale a 1890 peças.

Considerando que o produto 1672 tem um custo unitário de 2€ e o produto 2259 tem um custo unitário de 1,50€, obtém-se uma diminuição na quantidade de WIP semanal equivalente a 8595€. Como um ano laboral tem 50 semanas produtivas, pode-se estimar uma diminuição na quantidade de WIP anual equivalente a 429 750€.

6.6 Análise dos resultados previstos no *loop* do Coating

O próximo *loop* de controlo analisado é o do Coating, e na Figura 85 estão representados os resultados relativos ao Coating (Figura 64 e Figura 80).

Coating Layout Funcional				
Produto	3611	3886	1458	
Total Kanbans	92	62	62	
Total peças	12696	19530	20832	Total
Total de rampas	19	13	13	45

Coating Layout por Processo				
Produto	3611	3886	1458	
Total Kanbans	86	58	58	
Total peças	11868	18270	19488	Total
Total de rampas	18	12	12	42

Figura 85 - Resultados do Coating

Pela análise da Figura 85, nota-se que a quantidade máxima semanal dos produtos armazenados (WIP) no supermercado do Coating diminuiu, por conseguinte, o número total de rampas do supermercado do Coating também diminuiu de 45 para 42 rampas. No caso do produto 3611 o número total de *kanbans* diminuiu seis unidades o que equivale a 828 peças, no produto 3886 diminuiu quatro unidades o que equivale a 1260 peças e no produto 1458 diminuiu quatro unidades o que equivale a 1344 peças. Considerando que o produto 3611 tem um custo unitário de 4€, o produto 3886 tem um custo unitário de 2,50€ e o produto 1458 tem um custo unitário de 1,50€, obtém-se uma diminuição na quantidade de WIP semanal equivalente a 8478€. Como um ano laboral tem 50 semanas produtivas, pode-se estimar uma diminuição na quantidade de WIP anual equivalente a 423 900€.

6.7 Síntese dos resultados previstos

Nesta secção apresenta-se uma síntese dos resultados previstos com a mudança do *layout* funcional (Figura 34) para o *layout* por processo (Figura 37) através da Ferramenta Controlo por Consumo.

Na Figura 86 estão representados os resultados previstos para o supermercado de cada *loop* de controlo, em termos do número de rampas e da quantidade de WIP anual.

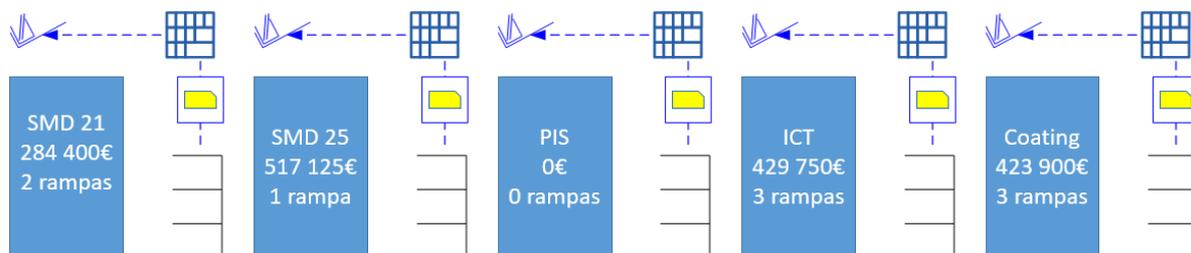


Figura 86 - Síntese dos resultados obtidos do supermercado para cada *loop* de controlo

Em suma, prevêem-se uma diminuição de nove rampas nos supermercados que será refletida na área ocupada por estes, e uma diminuição na quantidade de WIP anual equivalente a 1 655 175€.

7. CONCLUSÕES

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões do projeto desenvolvido. Adicionalmente são descritas atividades futuras que complementam as propostas de melhoria desenvolvidas.

7.1 Considerações finais

O principal objetivo deste projeto era a criação de uma ferramenta de análise rápida na tomada decisão de implementação de *layouts* funcionais ou por processo com base nos princípios *Lean*, mais concretamente com base nos princípios da produção puxada (controlo por consumo).

Com o término deste projeto, é possível constatar que o principal objetivo foi atingido, através da criação da Ferramenta Controlo por Consumo, que foi utilizada para avaliar os ganhos através da mudança do *layout* funcional para um *layout* por processo. Esta ferramenta tem como base os princípios da produção puxada (controlo por consumo), uma vez que um dos grandes problemas da empresa onde foi realizado o projeto era a implementação desta metodologia e a verificação dos ganhos que teriam com a mesma. O controlo por consumo é uma metodologia importantíssima para a Bosch, uma vez que a estratégia da empresa para o futuro é a implementação desta metodologia nas diversas áreas de negócio.

Na fase inicial deste projeto definiu-se um fluxo de valor (AN3) e fez-se uma análise crítica do sistema produtivo da AN3 através do VSM. Nesta fase identificaram-se oportunidades de melhoria da AN3 e constatou-se que o *layout* atual da empresa (*layout* funcional) apresentava duas grandes desvantagens que eram a elevada distância entre processos e a falta de controlo de produção. Por conseguinte, foi alterado o *layout* funcional para um *layout* por processo, tornando os processos mais próximos e foi criada a Ferramenta Controlo por Consumo para servir como apoio na implementação da produção puxada, e também para que a empresa conseguisse avaliar os ganhos inerentes à mudança de *layout* e à implementação desta metodologia.

Por último, utilizou-se a Ferramenta Controlo por Consumo para avaliar o WIP no *layout* funcional e no *layout* por processo. Nesta fase, foi possível constatar que o WIP no *layout* por processo era consideravelmente mais baixo do que no *layout* funcional e a empresa teria uma diminuição na quantidade de WIP anual equivalente a 1 655 175€.

As propostas de melhoria ainda não foram implementadas, uma vez que é necessária uma reestruturação da organização, porque em MOE1 existem equipas especializadas apenas nos processos de MOE1 e em MOE2 existem equipas especializadas no processo de montagem manual. Com a

alteração de *layout*, os processos de MOE1 teriam que ficar alocados em MOE2, e por isso, é necessário a reestruturação das equipes dedicadas ao sistema produtivo da Bosch.

7.2 Projeto futuro

Para projetos futuros, o autor propõe como primeiro passo a criação de equipes por cadeia de valor, especializadas em todos os processos existentes no sistema produtivo da *Bosch*, através da aplicação dos cinco princípios da filosofia *lean*.

De seguida, propõe-se a alteração do *layout* funcional existente na empresa pelo *layout* por processo e após a conclusão desta tarefa, o autor sugere a implementação do controlo por consumo.

Por último, após a conclusão da implementação do controlo por consumo deve-se seguir o princípio de Rother e Shook, “cria fluxo onde podes e puxa de onde deves” (Rother & Shook, 2003), ou seja, garantir condições para que se crie fluxo, através da implementação de *FIFO lanes*. Caso não haja forma de garantir essas condições mantêm-se os supermercados como método de separação entre dois processos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaro, A. P., & Pinto, J. P. (2007). Criação de valor e eliminação de desperdícios. *Revista Qualidade, 1*, 38–44.
- Aneke, N. A. G., & Carrie, A. S. (1986). A design technique for the layout of multi-product flowlines. *International Journal of Production Research, 24*(3), 471–481.
- Bicheno, J. (2008). *The lean toolbox for service systems*. PICSIE books.
- Bosch. (2013). *BPS - Bosch Production System*.
- Coimbra, E. A. (2013). *Kaizen in logistics and supply chains*. McGraw-Hill Education New York, NY.
- Dailey, K. W., Wieckhorst, D., & Welch, B. (2003). *Lean manufacturing pocket handbook*. Published Company.
- Ghinato, P. (2000). Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção. In *Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações*. Retrieved from <https://books.google.pt/books?id=bnmlf84Sz2AC>
- Hines, P., Bartolini, M., & Silvi, R. (2003). *From lean to profit*. F. Angeli.
- Imai, M. (2005). *Praise for Gemba Kaizen*.
- Liker, J. K. (2004). The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. In *Action Learning Research and Practice*. Retrieved from <https://books.google.pt/books?id=eZutzPww02EC>
- Morgan, J. M., & Liker, J. K. (2006). *The Toyota product development system* (Vol. 13533). New York: Productivity Press.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. Retrieved from https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=7_-67SshOy8C
- Ortiz, C. A. (2006). *Kaizen assembly: designing, constructing, and managing a lean assembly line*. CRC Press.
- Pegels, C. C. (1984). The Toyota production system—lessons for American management. *International Journal of Operations & Production Management, 4*(1), 3–11.
- Pinto, J. (2014). Introdução ao pensamento Lean-A filosofia das organizações vencedoras. *Lisboa: Lidel Edições Técnicas Lda*.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. In *Lean Institute Brasil 2013*. Retrieved from <https://books.google.pt/books?id=mrNIH6Oo87wC>

- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1989). *A study of the Toyota production system: From an Industrial Engineering Viewpoint*. CRC Press.
- Shook, J., & Marchwinski, C. (2014). *Lean Lexicon: a graphical glossary for Lean Thinkers*. Lean Enterprise Institute.
- Thinking, G. L. (2005). *Lean Thinking*. Primavera.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking by Womack and Jones*. *Review Literature And Arts Of The Americas*. Retrieved from <https://books.google.pt/books?id=QZrZAAAAQBAJ>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production– Toyota’s Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry*. In *Free Press*. Retrieved from https://books.google.pt/books?id=dP_c3EZwUusC

ANEXO I – INFORMAÇÕES SOBRE OS PROCESSOS PARA CADA RUNNER DA AN3

SMD21						
Produtos	3886	1672	1458	2259	1226	3611
Tempo de ciclo (min)	0,016	0,054	0,049	0,042	0,0138	0,016
Takt time (min)	0,0176	0,0594	0,0539	0,0462	0,01518	0,0176
OEE (%)	90					
Tempo de setup (min)	6					
NPK (uni)	315	480	336	378	1176	138
Tempo de atravessamento (min)	12					

Figura 87 - Informações sobre a SMD21 para cada runner da AN3

SMD25				
Produtos	3886	1458	2259	1226
Tempo de ciclo (min)	0,063	0,031	0,0459	0,013
Takt time (min)	0,0693	0,0341	0,05049	0,0143
OEE (%)	90			
Tempo de setup (min)	6			
NPK (uni)	315	336	378	1176
Tempo de atravessamento (min)	12			

Figura 88 - Informações sobre a SMD25 para cada runner da AN3

PIS					
Produtos	3886	3611	1458	2259	1672
Tempo de ciclo (min)	0,04	0,13	0,04	0,06	0,08
Takt time (min)	0,044	0,143	0,044	0,066	0,088
OEE (%)	90				
Tempo de setup (min)	35				
NPK (uni)	315	138	336	378	480
Tempo de atravessamento (min)	3,5				

Figura 89 - Informações sobre a PIS para cada runner da AN3

ICT					
Produtos	3611	3886	1672	1458	2259
Tempo de ciclo (min)	0,08517	0,04667	0,03633	0,04283	0,04783
Takt time (min)	0,09368(3)	0,0513(3)	0,03996(6)	0,04711(6)	0,05261(6)
OEE (%)	90				
Tempo de setup (min)	10				
NPK (uni)	138	315	480	336	378
Tempo de atravessamento (min)	1,5				

Figura 90 - Informações sobre o ICT para cada runner da AN3

Coating			
Produtos	3611	3886	1458
Tempo de ciclo (min)	0,13	0,08	0,07
Takt time (min)	0,143	0,088	0,077
OEE (%)	90		
Tempo de setup (min)	20		
NPK (uni)	138	315	336
Tempo de atravessamento (min)	45		

Figura 91 - Informações sobre o Coating para cada runner da AN3

ANEXO II – DIFERENÇAS ENTRE OS TEMPOS DE CICLO DO PROCESSO A MONTANTE E O PROCESSO A JUSANTE PARA CADA RUNNER DA AN3

Produto 1226			
Processo	SMD21	SMD25	MF
% de diferença de tempos de ciclo		-5,7971	2284,615

Figura 92 - Diferenças entre os tempos de ciclo para o produto 1226

Produto 1458						
Processo	SMD21	SMD25	PIS	ICT	Coating	MF
% de diferença de tempos de ciclo		-36,7347	29,03226	7,075	63,43684	342,8571

Figura 93 - Diferenças entre os tempos de ciclo para o produto 1458

Produto 1672				
Processo	SMD21	PIS	ICT	MF
% de diferença de tempos de ciclo		48,14815	-54,625	753,9945

Figura 94 - Diferenças entre os tempos de ciclo para o produto 1672

Produto 2259					
Processo	SMD21	SMD25	PIS	ICT	MF
% de diferença de tempos de ciclo		9,285714	30,71895	-20,2833	548,1288

Figura 95 - Diferenças entre os tempos de ciclo para o produto 2259

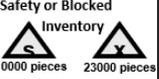
Produto 3611					
Processo	SMD21	PIS	ICT	Coating	MF
% de diferença de tempos de ciclo		712,5	-34,4846	52,6359	138,4615

Figura 96 - Diferenças entre os tempos de ciclo para o produto 3611

Produto 3886						
Processo	SMD21	SMD25	PIS	ICT	Coating	MF
% de diferença de tempos de ciclo		293,75	-36,5079	16,675	71,41633	287,5

Figura 97 - Diferenças entre os tempos de ciclo para o produto 3886

ANEXO III – SIMBOLOS STANDARD UTILIZADOS NO VSM E VSD

External Process 	Icon for process external from RB (i.e. supplier, 3 rd party sorting, customer, etc.) or a RB-Plant for a global value stream. → Specific description required (i.e. name, etc.). → Additional data to be placed in "Data Box".
Process Box 	Manufacturing process (multiple process steps can be combined; i.e. "Assembly") and Shipping.
Data Box 	Typical metrics of a process: CT; OEE; POT; number of operators; number of MAE; MAE D (dedicated) oder S (shared); etc. → Place directly below related process box.
Profiled stock 	Chronological development of stock is defined by planned in- and outflow for each part number.
Inventory 	Inventory between process steps. Quantity (i.e. 300 pcs) to be given.
Safety or Blocked Inventory 	Special forms of inventory. Same Rules to be used as with Inventory (see above).
External Transport 	Transport "Supplier => RB", "RB => Supplier", "RB => 3 rd party sorting", or "RB => Customer". → Shipping Frequency (and additional data as required) to be put in "Data Box".

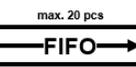
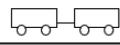
Material Flow PUSH 	Produced material that will be pushed to the next process before needed. Controlling through production planning. Only for internal use.
Supermarket 	Defined and stable inventory, used to regulate upstream production process. Icon to be placed with open side towards supplier.
Withdrawal 	Material Pull (Customer process withdraws material in a defined way from supplier process). Icon "Withdrawal" may be combined with "Milkrun".
FIFO (First In – First Out) 	Limited amount of inventory and ensuring FIFO between two processes (i.e. chute). → Define maximum quantity. → When quantity limit is reached the upstream process has to be stopped!!!
Milkrun 	Cyclical material transport with given schedule and route.
Staging area 	Area for preparing finished goods for shipping (or external transport). Coverage: 1 loading unit (i.e. volume of 1 truck)
Cross-Dock 	Area used to synchronize variable delivery cycles (i.e.: supplier delivers once per day to Cross-Dock; Cross-Dock delivers 6 times per day to RB). Coverage: maximal 1 day.

Figura 98 - Símbolos standard relativos ao fluxo de materiais

Manual Information Flow 	Information delivered as a list (i.e. handwritten, printout, etc.). Coverage (Forecast and fixed) and update cycle to be written inside the rectangular box [i.e. 6 months forecast; 2 weeks fix; weekly updates].
Electronic Information Flow 	Information delivered as electronic signal (i.e. Mail, Fax, SAP, etc.). Coverage (Forecast and fixed) and update cycle to be written inside the rectangular box [i.e. 6 months forecast; 2 weeks fix; weekly updates].
Leveling 	Equal distribution of the volumes or orders to be produced in a defined period of time according to a regular pattern. Criteria are defined (e.g. Part number, family, Cycle time,...)
„Go see“-Production Control 	Employee goes to shop floor frequently but not regularly to influence actual state of production based on inventory. Necessity forced by low transparency.
Production Control 	Production Control (i.e. LOG, etc.); write down DV-System (SAP, etc.)

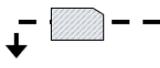
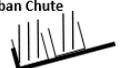
Transport Kanban 	Kanban that enables withdrawal of defined amount of parts from supermarket ("shopping list"). Dashed arrow shows the information path of Kanban. → Ez Transport Kanban: light green → Internal Transport Kanban: light blue → Purchased Parts Transport Kanban: white
Production Kanban 	Kanban that starts defined volume of production (i.e. parts manufacturing, assembly, etc.) Dashed arrow shows the information path of Kanban. → Production Kanban: yellow
Kanban Post 	Defined place to collect free Kanbans ("Kanban post box") until they are transported to an upstream process or leveling board (only in combination with levelling).
Lot Formation Box 	Production only starts when defined lot size is reached by defined number of production Kanbans.
Kanban Chute 	Kanban Chute defines the production sequence of the lots
CIP-Flash 	CIP flash visualizes problems. CIP flash are opportunities for improvement of process.

Figura 99 - Símbolos standard relativos ao fluxo de informação

ANEXO IV – VALUE STREAM MAPPING

