



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Isac Tavares Pinhão

Ferramenta para monitorização do nível de  
implementação do pull-levelling: desenvolvimento e  
validação

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Rui Manuel Alves da Silva e Sousa

Julho de 2020

## 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.

*Licença concedida aos utilizadores deste trabalho*



Atribuição

CC BY

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

## AGRADECIMENTOS

Expresso o meu sincero agradecimento a todas as pessoas que me acompanham neste percurso tão especial.

Ao meu orientador Professor Rui Sousa pelo apoio e disponibilidade durante a realização desta dissertação.

Aos meus orientadores na empresa, Francisco Vieira e Manuel José Gomes, pela ajuda no desenvolvimento da dissertação e por me mostrarem as múltiplas vertentes que constituem um excelente profissional.

A todos os colegas do departamento MFC pelo companheirismo e boa disposição.

Ao departamento BPS por todo o apoio e transmissão de conhecimento valioso.

A todos os colegas de diversos departamentos, com quem necessitei de contactar e/ou trabalhar, por todo o apoio e recomendações. Gostaria de destacar o contributo do João Ferreira do departamento MFT, por me disponibilizar informação imprescindível.

À minha família e amigos, que me acompanharam neste percurso e, a cada dia, me ajudaram a evoluir para o profissional e amigo que quero ser. Um especial agradecimento aos meus pais por me apoiarem e motivarem durante o meu percurso académico.

## 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

A Bosch está a implementar o controlo por consumo nas cadeias de valor. A taxa de implementação do controlo por consumo necessita de ser medida no *assessment* realizado ao departamento *BPS*, contudo, não existia ferramenta de medição do mesmo.

Desta forma, o objetivo do projeto de estágio realizado foi a criação de uma ferramenta de medição do controlo por consumo, representado na forma de um *bubble diagram*. Adicionalmente, a ferramenta deverá sugerir oportunidades de melhoria às cadeias de valor, nomeadamente, testar as condições de estabilidade para implementar *FIFO* como armazenamento dos processos produtivos.

Numa fase inicial, foi identificada a informação necessária para a criação da ferramenta. De seguida, foram realizados três *VSM's* de forma a compreender os fluxos de material e informação da empresa e verificar que informação necessária à criação da ferramenta estava disponível.

Relativamente aos planos produtivos, foi verificado que existe um programa capaz de sugerir planos nivelados, contudo, devido a diversos entraves, esta funcionalidade não era utilizada. Assim, foi conduzido um *workshop* com o objetivo de clarificar os entraves existentes e definir ações para os colmatar. Adicionalmente, foram identificados os planos de produção sistematicamente nivelados no momento da medição da taxa de implementação do controlo por consumo.

Para verificar a transmissão do fluxo de informação, proveniente do *pacemaker* nivelado, realizou-se um *gemba walk*, onde foram contactados os chefes de linha de todos os processos da empresa, e eventualmente *POUPs* e *milkruns*.

Com o intuito de rastrear os produtos *runner* da empresa foi contactado o departamento responsável por gerir a base de dados da produção em *Oracle*. Contudo, devido ao risco associado à extração da informação, apenas parte da informação foi fornecida.

Devido à informação limitada da base de dados de produção não foi possível criar a sugestão de melhoria às cadeias de valor da empresa. Com a informação disponível, foi criada uma ferramenta que mede a taxa de implementação do controlo por consumo. O rastreamento, conjugado com a informação do nivelamento e armazenamentos, permitiu a determinação dos fluxos de material com controlo por consumo, cumprindo o objetivo principal do estágio.

## PALAVRAS-CHAVE

Controlo por consumo, nivelamento da produção, rastreabilidade, indicador de desempenho

## ABSTRACT

Bosch is implementing consumption control on its value streams. For the assessment made to the *BPS* department, the consumption control implementation rate must be measured. However, there isn't currently any tool available to do so.

Thus, the main objective of the internship project was the development of a tool to measure the consumption control implementation rate. Additionally, the tool should suggest improvements on the value stream, specifically, if the processes are stable enough for a *FIFO* storage to be implemented.

Initially, the required information for the creation of the tool was identified.

In order to understand the material and information flows and verify if the necessary information for the creation of the tool was available, three VSM's were conducted.

Regarding the production plans, a program capable of automatically suggesting levelled production plans was identified. However, this functionality wasn't utilized due to the existence of multiple limitations. With the objective of identifying the existent limitations and define actions to address them a workshop was performed.

Additionally, the pacemakers with a levelled production plan were identified.

To verify the transmission of the information flow originated in the pacemaker, a gemba walk was performed, in which the line managers were contacted. When necessary some POUP's and milkruns were also consulted.

In order to track the material flow of the company's products, the department responsible for monitoring the production data base was contacted but only a portion of the information of the data base was extracted due to risks associated with this activity.

As a result of the limited information provided, the development of a functionality to suggest improvements to the value stream wasn't achievable.

However, it was possible to create a tool which tracks the products in *VBA Excel*. The information of the production plans and process storages collected was then incorporated into the tool to measure the consumption control implementation rate, fulfilling the main objective of the project.

## KEYWORDS

Consumption control, production levelling, rastreability, key performance indicator

## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice de Figuras.....	x
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos .....	xiii
1. Introdução .....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Metodologia de Investigação.....	3
1.3 Estrutura da Dissertação .....	4
2. Revisão Bibliográfica .....	5
2.1 A História do Lean.....	5
2.2 A Casa TPS.....	8
2.3 Os 7 desperdícios .....	10
2.4 Nivelamento.....	12
2.5 VSM.....	13
2.6 Overview do Controlo por Consumo .....	13
2.6.1. Definição do control loop teste .....	14
2.6.2. Período de planeamento .....	15
2.6.3. Definição da gama de produtos.....	15
2.6.4. Análise do comportamento de consumo dos clientes.....	15
2.6.5. Cálculo de capacidade.....	16
2.6.6. Definição do tamanho de lote de produção.....	17
2.6.7. Dimensionamento do supermercado com a fórmula RELOWISA .....	17
2.6.7.1. Primeiro termo - “RE” .....	17
2.6.7.2. Segundo termo – “LO” .....	19
2.6.7.3. Terceiro termo – “WI” .....	19
2.6.7.4. Quarto termo – “SA” .....	19
2.6.8. Preparação da implementação.....	20
3. Apresentação da Empresa .....	22
3.1. Identificação e Localização .....	22

3.2.	Grupo Bosch .....	22
3.3.	A Bosch em Portugal.....	23
3.4.	Divisão Car Multimedia (CM) .....	24
3.5.	Bosch Car Multimedia Portugal S.A. ....	24
3.5.1.	Clientes.....	24
3.5.2.	Produtos .....	25
3.5.3.	Estrutura Organizacional.....	25
3.6.	Bosch Production System.....	26
4.	Descrição e Análise crítica da situação atual .....	28
4.1.	Necessidade da ferramenta proposta.....	28
4.2.	Informação necessária para o cálculo da implementação do controlo por consumo.....	28
4.3.	VSM.....	34
4.3.1.	Fluxo de material entre o cliente e o cais de expedição.....	34
4.3.2.	Fluxos entre o cais de expedição e o armazém 102.....	36
4.3.3.	Fluxos entre o armazém 102 e os processos de montagem final .....	37
4.3.4.	Fluxos dentro de MOE2 .....	38
4.3.5.	Fluxos entre MOE2 e MOE1 .....	40
4.3.6.	Fluxos dentro de MOE1 .....	42
4.3.7.	Fluxos entre a Bosch e o fornecedor .....	44
4.4.	Sistemática de determinação do nivelamento do plano de produção .....	46
4.5.	Sistemática de rastreamento de produtos .....	48
4.6.	Síntese dos entraves identificados para a medição do controlo por consumo.....	49
5.	Apresentação e implementação de propostas de melhoria .....	53
5.1.	Nivelamento.....	53
5.1.1.	Determinação dos processos nivelados .....	53
5.1.2.	Workshop para identificação de entraves ao nivelamento.....	54
5.2.	Verificação do cumprimento do controlo por consumo .....	58
5.2.1.	Checklist de informação para medição da taxa de implementação do controlo por consumo	58
5.2.2.	Gemba walk .....	60

5.3.	Rastreamento dos produtos.....	62
5.3.1.	Dificuldades encontradas.....	62
5.3.2.	Pressupostos criados.....	62
5.3.3.	Desenvolvimento do algoritmo .....	64
5.4.	Decisão entre supermercado e FIFO em processos abastecidos por stocks .....	67
5.4.1.	Informação para tomada da decisão entre supermercado e FIFO.....	67
5.4.2.	Análise do tempo de ciclo dos produtos nos processos consecutivos .....	68
5.4.3.	Flutuação do OEE dos produtos consecutivos.....	68
5.4.4.	Verificar se os processos laboram simultaneamente.....	68
5.4.5.	Flutuação da procura dos clientes finais.....	69
6.	Análise e discussão dos resultados .....	70
6.1.	Mapeamento de um produto final.....	70
6.2.	Mapeamento da família de produtos com controlo por consumo .....	71
7.	Conclusões e trabalho futuro .....	74
	Referências Bibliográficas .....	77
	Anexo 1 – Símbolos do fluxo de material da representação de uma cadeia de valor.....	78
	Anexo 2 – Símbolos do fluxo de informação da representação de uma cadeia de valor .....	79
	Anexo 3 – VSM da Cadeia de Valor de CI1 .....	79
	Anexo 4 – VSD da Cadeia de Valor de CI1.....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- A casa TPS (Balle & Balle, 2005).....	8
Figura 2 - Inventário como "almofada de segurança" (Bosch, 2013).....	12
Figura 3 - Elementos do controlo por consumo (Bosch, 2018).....	14
Figura 4 - Análise da flutuação da procura do cliente (Bosch, 2018) .....	16
Figura 5 - Análise da capacidade do processo (Bosch, 2018) .....	16
Figura 6 - Definição do Rtloop (Bosch, 2018) .....	18
Figura 7 - Termos do RTloop a decorrer em paralelo (Bosch, 2018) .....	19
Figura 8 - Informação sobre o grupo Bosch.....	23
Figura 9 - História da Bosch em Portugal .....	23
Figura 10 - Apresentação de clientes (Bosch, 2013).....	25
Figura 11 - Portefólio de produtos (Bosch, 2013) .....	25
Figura 12 - Organigrama da área comercial da Bosch de Braga (Bosch, 2013).....	26
Figura 13 - Organigrama da área técnica da Bosch de Braga (Bosch, 2013).....	26
Figura 14 - Cadeia de valor incompleta .....	29
Figura 15 - Cadeia de valor com nivelamento do pacemaker .....	29
Figura 16 - Cadeia de valor com nivelamento e supermercado de produto final .....	30
Figura 17 - Cadeia de valor com supermercado de produto intermédio.....	31
Figura 18 - Cadeia de valor com FIFO .....	31
Figura 19 - Perda do fluxo de informação devido à existência de stocks .....	32
Figura 20 - Cadeia de valor com push leveling.....	32
Figura 21 - Esquema representativo da informação necessária à medição da taxa de implementação do controlo por consumo.....	33
Figura 22 - Secção do VSM entre o cliente e o cais de expedição: a) CC; b) CI2; c) CI1.....	35
Figura 23 - Secção do VSM entre o cais de expedição e o armazém 102 .....	36
Figura 24 - Secção do VSM entre o armazém 102 e os processos de montagem final.....	37
Figura 25 - Secção do VSM dentro de MOE2 .....	39
Figura 26 - Elementos da cadeia de valor a mapear de MOE2 .....	40
Figura 27 - Fluxo de material entre MOE1 e MOE2 .....	41

Figura 28 - Fluxos de material e informação da cadeia de valor de CC em MOE1.....	42
Figura 29 - Elementos da cadeia de valor a mapear de MOE1 .....	44
Figura 30 - Fluxo de informação entre o fornecedor e a Bosch.....	44
Figura 31 - Fluxo de informação entre o fornecedor e a Bosch.....	45
Figura 32 - Fluxos de informação e material entre a receção do material e o armazenamento em MOE1 .....	46
Figura 33 - Exemplo de um plano de produção .....	47
Figura 34 - Plano de produção não nivelado.....	47
Figura 35 - Plano de produção nivelado .....	48
Figura 36 - Exemplo da função "Product Activities" do programa "MES Toolset" .....	48
Figura 37 - Exemplo da função "CycleTime Analyse" do programa "MES Toolset".....	49
Figura 38 - Esquema representativo da informação necessária à medição da taxa de implementação do controlo por consumo atualizado pela informação recolhida na análise crítica da situação atual.....	49
Figura 39 - Percentagem de processos com nivelamento por cadeia de valor .....	54
Figura 40 - Brainstorm dos entraves ao nivelamento dos planos produtivos .....	55
Figura 41 - Problemas resultantes da filtragem efetuada .....	56
Figura 42 - Árvore de problemas esquematizada .....	57
Figura 43 - Fotografia da árvore de problemas efetuada na workshop.....	57
Figura 44 - Open Point List (OPL) definida na workshop .....	58
Figura 45 - Checklist de informação a recolher nos processos produtivos .....	59
Figura 46 - Síntese da informação recolhida do abastecimento de material pelo milkrun.....	61
Figura 47 - Exemplo da "lista de produtos" da ferramenta desenvolvida.....	65
Figura 48 - Exemplo da "lista de processos" da ferramenta desenvolvida.....	65
Figura 49 - Exemplo da "matriz produtos-processos" da ferramenta desenvolvida.....	65
Figura 50 - Exemplo de uma lista de peças de um part-number de produto final.....	70
Figura 51 - Processos, armazenamentos e fluxos de material da cadeia de valor de um part-number de produto final.....	71
Figura 52 - Resultado da ferramenta no mapeamento da cadeia de valor de um produto final.....	71
Figura 53 - Mapeamento da cadeia de valor da família com controlo por consumo .....	72
Figura 54 - Resultado da ferramenta do mapeamento da cadeia de valor da família com controlo por consumo .....	72

Figura 55 - Mapeamento da cadeia de valor completa onde está integrada a família com controlo por consumo .....	73
Figura 56 - Resultado da ferramenta do mapeamento da cadeia de valor onde está integrada a família com controlo por consumo .....	73
Figura 57- Símbolos do fluxo de material do mapeamento (Bosch, 2013) .....	78
Figura 58 - Símbolos do fluxo de informação do mapeamento (Bosch, 2013) .....	79
Figura 59 - VSM parte 1 .....	80
Figura 60 - VSM parte 2 .....	81
Figura 61 - VSD parte 1 .....	82
Figura 62 - VSD parte 2 .....	83

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

TPS – *Toyota Production System*  
BPS – *Bosch Production System*  
CM – *Car Multimedia*  
VSM – *Value Stream Mapping*  
VSD – *Value Stream Design*  
JIT – *Just-in-Time*  
FIFO – *First in First out*  
EPEI – *Every Part Every Interval*  
OEE – *Overall Equipment Effectiveness*  
MRP – *Material Requirements Planning*  
EBIT – *Earnings before Interests and Taxing*  
MOE1 – *Manufacturing Operations and Engineering 1*  
MOE2 – *Manufacturing Operations and Engineering 2*  
CC – *Chassis systems Control*  
PCB – *Printed Circuit Board*  
POT – *Planned Operation Time*  
OPL – *Open Point List*  
RE – *Replenishment Time Coverage*  
RT – *Replenishment Time*  
SA – *Safety Time Coverage*  
WA – *Withdrawal Amount*  
WI – *Withdrawal Peak Coverage*  
WIP – *Work-in-progress*  
MES Toolset – *Manufacturing Execution System Toolset*  
QCD – *Quality Cost Delivery*  
CIP – *Continuous Improvement Process*  
EDI – *Electronic Data Interchange*  
PDA – *Personal Digital Assistant*  
SMC – *Smart Manufacturing Control*  
ICT – *In-circuit Test*  
PIS – *Single Pin Insertion*

MFT – *Manufacturing Technology*

PoUP – *Point- of- use Provider*

MOQ – *Minimum Order Quantity*

KPP – *Kit preparation for production*

VBA – *Visual Basic for Applications*



## 1. INTRODUÇÃO

O presente relatório foi desenvolvido no âmbito da dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, tendo sido o projeto realizado na Bosch Car Multimedia, Portugal, S.A.

Neste capítulo são apresentados o enquadramento da dissertação, os objetivos estabelecidos, a metodologia de investigação adoptada e a estrutura do relatório desenvolvido.

### 1.1 Enquadramento

As empresas operam num ambiente de competitividade elevada e servem clientes exigentes e imprevisíveis. De forma a assegurar a posição da empresa no mercado e o seu crescimento contínuo, para estar apta a sobreviver no futuro, é necessário assegurar a melhoria contínua dos seus processos.

Neste contexto destaca-se o *Lean Production* que permite criar valor para o cliente e eliminar desperdícios. A designação *Lean Production* advém do *Toyota Production System - TPS* (Ohno, 1988) que foi introduzido no livro *“The Machine that Changed the World”* (J. P. Womack, Jones, & Roos, 1992) no qual se evidencia o elevado desempenho do *TPS* comparativamente às empresas Americanas do mesmo ramo.

Posteriormente a designação *Lean Production* evoluiu para uma filosofia conhecida por *Lean Thinking* (J. Womack & Daniel, 2003), a qual pode ser sumariada em cinco princípios: 1) valor acrescentado: na perspetiva do cliente final; 2) cadeia de valor: identificar todas as ações envolvidas na criação de um produto; 3) fluxo: movimento de material de processo para processo; 4) produção puxada: a produção nas diversas fases de produção depende do consumo do cliente final, permitindo produzir apenas o que o cliente necessita; 5) procura da perfeição: a melhoria é sempre possível, portanto deve-se adotar uma procura sistemática pela perfeição.

Com o tempo o *Lean Thinking* evoluiu (Hines, Holwe, & Rich, 2004) e foi adotado em múltiplas áreas e setores como são exemplos as áreas de gestão de produção e operações, gestão de serviços, saúde, software, educação, serviços financeiros, gestão de recursos humanos e o setor público (Gupta, Sharma, & Sunder M, 2016). Embora a filosofia subjacente à aplicação do *Lean Thinking* em diferentes setores seja a mesma, é importante perceber que as ferramentas e práticas *Lean* utilizadas têm de ser adaptadas à situação em estudo (Lander & Liker, 2007).

O conceito *Lean* não é novidade na *Bosch Car Multimedia, S.A.* situada em Braga, onde esta dissertação foi realizada.

Em 2002 a Bosch desenvolveu o *Bosch Production System (BPS)*, inspirado no *TPS* com o objetivo de ter métodos, regras e procedimentos para eliminar desperdícios e produzir eficientemente.

Atualmente, devido à ambição de melhorar constantemente e de forma a adaptar-se a mercados cada vez mais competitivos e exigentes, a Bosch tem o objetivo de implementar o sistema *pull* nas cadeias de valor.

No sistema *pull* tenciona-se produzir o que o cliente quer, quando e na quantidade que ele quer. Deste modo, a abordagem comum é manter um “armazém controlado” de produto final, pronto para ser expedido para o cliente. A fábrica vai produzir de forma a manter o nível desejado de produto final no “armazém” e, assim, produz de acordo com o consumo do cliente, estabelecendo não só um fluxo de material, mas também um fluxo de informação entre o cliente e a produção. Dentro da produção, quando há elementos produtivos dissociados, deverá haver fluxo de informação entre eles, de modo a coordenar a produção desde o armazém final até ao início da cadeia de valor (Junior & Filho, 2010).

Além da produção controlada por ordens de reabastecimento, também se produz para satisfazer encomendas especiais quando o tamanho da encomenda e o prazo de entrega são muito grandes.

A programação *push*, também tem o seu lugar no sistema *pull*. Uma das etapas iniciais da implementação do sistema *pull* é o estudo dos produtos que serão fabricados, recorrendo, por exemplo, a uma análise *ABC*. Em geral, os produtos com maior frequência e quantidade de produção são controlados com recurso ao *pull* e os restantes poderão ser empurrados na produção de forma a satisfazer ordens específicas do cliente.

Deste modo, com recurso ao sistema *pull* reduz-se a existência de produto acabado que o cliente não necessita, liberta-se espaço no *gamba*, reduzem-se os custos de posse de material e aumenta-se a flexibilidade do sistema produtivo. Por outro lado, visto que no sistema *pull* os *stocks* de segurança entre todos os elementos produtivos são reduzidos ao mínimo, qualquer problema num elemento produtivo irá ser revelado e poderá afetar todos os outros elementos produtivos. Contudo, esta desvantagem é essencial no processo de melhoria contínua porque assim que os problemas surgem, eles são imediatamente detetados, a causa raiz é estudada e podem assim ser resolvidos, melhorando o sistema *pull*.

Equipas multidisciplinares estão atualmente a implementar o sistema *pull* na Bosch Car Multimedia, Portugal, S.A. Contudo, a empresa não dispõe de nenhuma forma de medir a implementação atual do sistema *pull*, e, sem este controlo, não existe transparência quanto ao sucesso da implementação nem aos passos seguintes a serem tomados.

Assim, o presente projeto de estágio justifica-se pela necessidade urgente de criar uma ferramenta de medição do nível de implementação do sistema *pull*.

O objetivo principal do projeto é desenvolver uma ferramenta para a medição do nível da implementação do sistema pull, designado controlo por consumo segundo o *BPS*, em todas as cadeias de valor e por produto. Adicionalmente, a ferramenta deverá sugerir melhorias às cadeias de valor relativamente à implementação do controlo por consumo.

## 1.2 Metodologia de Investigação

A filosofia da investigação está relacionada não só com o desenvolvimento e a natureza do conhecimento, mas também com a forma como o autor vê o mundo. A filosofia que mais se enquadra com a presente dissertação é o pragmatismo, dado que é a questão central da investigação que irá orientar o desenvolvimento da investigação. A abordagem considera-se dedutiva porque pretende-se atingir o objetivo estabelecido com recurso a ferramentas e teoria já existentes. O horizonte temporal é longitudinal pois haverá análise do sistema produtivo e dos resultados das implementações ao longo dos nove meses de duração do estágio. Os métodos serão quantitativos e qualitativos, pelo que se assume que é *mixed-methods* (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009).

A metodologia a utilizar neste projeto de investigação é a *Investigação-Ação* (O'Brien, 1998), que pressupõe a envolvimento do investigador no local da ação, acompanhado de todas as pessoas envolvidas no projeto. Esta metodologia é caracterizada por um ciclo de trabalho constituído por cinco etapas fundamentais: *Diagnóstico*, *Planeamento de Ações*, *Implementação de Ações*, *Análise e Discussão dos Resultados* e *Especificação da Aprendizagem*. Se o problema a solucionar não estiver resolvido, o ciclo deve ser reiniciado até se encontrar solução para o problema.

O projeto terá início com a fase de diagnóstico do estudo atual da empresa. Desta forma vai-se proceder a uma análise de documentos da empresa e recolha de dados e informações, tais como a análise dos fluxos, *stocks* intermédios, sistemas de planeamento de produção e o estudo das necessidades dos processos a jusante que são necessárias a montante. Com os dados recolhidos vão ser analisados os indicadores de desempenho do nível de *stock* e tempo de atravessamento.

Na segunda fase, o *Planeamento de Ações*, serão definidas as ações a desenvolver para solucionar os problemas detetados no *Diagnóstico* e, de seguida, haverá a implementação destas ações. Segue-se para a *Análise e Discussão dos Resultados*, na qual vão ser estudados os indicadores de desempenho e efetuada a comparação dos resultados obtidos com a situação inicial, com o objetivo de medir o sucesso das ações.

Por fim, apresenta-se a *Especificação da Aprendizagem*, onde serão identificados os resultados obtidos com a investigação, mencionando eventuais propostas de trabalho futuro. Na presente dissertação, após a revisão literária e o diagnóstico, terá início o desenvolvimento de uma ferramenta que meça a taxa de implementação do controlo por consumo na cadeia de valor.

### 1.3 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação é composta por sete capítulos, os quais serão de seguida apresentados. O primeiro capítulo introduz o enquadramento ao tema, apresenta os objetivos e a metodologia utilizada.

O segundo capítulo apresenta a base teórica que suporta os conceitos abordados no projeto desenvolvido.

O terceiro capítulo faz uma apresentação da organização onde foi realizado o projeto, a Bosch Car Multimedia, Portugal, S.A. Adicionalmente, são expostos os princípios do sistema produtivo da *Bosch*, o *BPS*.

O quarto capítulo é iniciado com uma explicação da informação necessária ao cálculo da taxa de implementação do controlo por consumo. De seguida, é caracterizada a situação encontrada na organização. O capítulo termina com a exposição da informação a recolher para atingir o objetivo do projeto de estágio.

O quinto capítulo explica a metodologia adotada para a recolha de informação relativa aos armazenamentos existentes nos processos produtivos e ao nivelamento dos planos de produção dos processos da empresa. Adicionalmente, dado que se identificaram entraves ao nivelamento da produção, foi realizada uma *workshop* para clarificá-los e tomar ações para os corrigir. Finalmente, é explicado o funcionamento da ferramenta que, utilizando a informação previamente identificada, calcula a taxa de implementação do controlo por consumo na empresa.

O sexto capítulo apresenta os resultados obtidos com o trabalho desenvolvido. A ferramenta criada é utilizada como um indicador de desempenho para a taxa de implementação do controlo por consumo, que até então não existia. Neste capítulo é apresentado o resultado da ferramenta para apenas um produto, para a família de produtos da empresa com controlo por consumo, e, finalmente, para a cadeia de valor onde a família de produtos mencionada está integrada.

O sétimo e último capítulo sumariza as conclusões obtidas relativas à implementação do controlo por consumo na empresa e relativas à ferramenta desenvolvida. Por fim, são apresentadas propostas de trabalho futuro no contexto do projeto de estágio realizado.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A História do Lean

Múltiplos autores refletiram sobre a melhor forma de economizar o esforço humano e aumentar a produtividade. No século XIX, alguns autores foram relevantes para o desenvolvimento desta temática, nomeadamente, Benjamin Franklin, com o lançamento do livro "*Poor Richard's Almanack*" que introduz ao mundo o pensamento sobre eliminação de desperdícios. Neste livro Franklin demonstra, através de exemplos pertinentes, que evitar custos desnecessários pode ser mais vantajoso do que aumentar as vendas e os malefícios de investir em algo que realmente não necessitamos (Franklin, 2010). Adam Smith, outro grande pensador, elucidou a humanidade para as vantagens da divisão do trabalho e da especialização em determinadas tarefas como forma de aumentar a produtividade. Smith identificou três grandes vantagens, nomeadamente: 1) o aprimoramento da destreza do trabalhador, pela repetição de operações simples; 2) a eliminação das perdas de tempo na passagem de uma tarefa à outra; 3) a intervenção de instrumentos destinados a poupar trabalho, que se torna mais fácil pela divisão do processo produtivo em operações simples (Cerqueira, 2000). Eli Whitney introduziu o fabrico de peças intermutáveis nos sistemas de produção, algo que agora é nada mais do que o senso comum. Antes do trabalho de Eli Whitney, uma peça a ser montada num produto era ajustada especificamente para este e não encaixaria noutra ("Eli Whitney Museum and Workshop," n.d.). Após a transformação da indústria, que ocorreu entre o fim do século XVIII e o início do século XIX, um dos autores mais importantes foi Frederick Taylor. Taylor recorreu a métodos utilizados na observação científica, nomeadamente o estudo de tempos e movimentos.

A aplicação do método científico e a divisão do trabalho resultou em: 1) fragmentação e repetição das tarefas, permitindo que pessoas sem qualificação específica as pudessem realizar; 2) especialistas especificaram e controlaram *standards* que determinam o trabalho. Desta forma, Taylor fazia a distinção entre dois tipos de trabalhadores: operadores e gestores. O trabalho do operador era seguir estritamente as ordens do gestor, enquanto que o trabalho dos gestores era desenvolver os melhores *standards* (Taylor, 1947). Henry Ford, conhecido por fundar a Ford Motor Company, inspirou-se nas obras de Taylor e Benjamin Franklin. Segundo Braverman "o feito de Ford foi combinar os princípios do Taylorismo com o avanço tecnológico" (Braverman, 1998). O sucesso de Ford foi marcado pela introdução do fluxo contínuo de peças na produção em massa de veículos automóveis. Inspirado no Taylorismo, Ford intensificou a utilização de *standards* e a fragmentação do trabalho, de modo que não eram apenas as peças que eram permutáveis, mas também os trabalhadores. A fábrica de Ford

também é caracterizada pelas linhas de montagem móveis. O movimento da linha suporta a ideia do fluxo e adicionalmente condiciona a velocidade da linha, ou seja, já não é a velocidade dos operadores que dita a velocidade da produção, antes os operadores que têm de obedecer à velocidade da linha, e caso não mantenham o ritmo, um supervisor pode verificar que algo correu mal e identificar a causa. (Maximiano, 2010).

Apesar dos grandes feitos de Ford, existiam ainda melhorias a ser implementadas no tratamento dos operadores, algo que foi evidenciado em obras artísticas de figuras históricas como Charlie Chaplin e George Orwell. O Fordismo não aproveita a criatividade dos operadores visto que considera que eles têm apenas de obedecer à melhor maneira de fazer uma atividade ditada pelo modelo científico e não valoriza o bem-estar dos operadores.

Estudos sobre a relação do bem-estar dos operadores e a produtividade foram posteriormente desenvolvidos por autores como George Elton Mayo, Abraham Harold Maslow e Frederick Herzberg.

De seguida serão apresentados os contributos de diversos elementos da família Toyoda.

Em 1926, Sakichi Toyoda desenvolveu uma máquina de teares automática usando o princípio *jidoka* com o objetivo de diminuir os desperdícios. O princípio *jidoka* permitia que quando um fio rompia, a máquina parava automaticamente de forma a prevenir que se gerasse um aumento do desperdício. Este conceito evoluiu e acabou por se tornar um dos pilares do *TPS (Toyota Production System)*, designado autonomia (Liker, 2004), representado na Figura 2.

No início da década de 1930, o ramo automotivo da “*Toyoda Automatic Loom Works Ltd*”, mais tarde nomeado de “*Toyota Motor Co. Ltd*”, chefiado por Kiichiro Toyoda, iniciou o investimento no setor automóvel. Kiichiro contribuiu com a abordagem *JIT (just-in-time)*, que viria a tornar-se um dos pilares do *TPS* (Liker, 2004) e, adicionalmente, tentou emular o sistema de produção em massa de Ford. Contudo, a adaptação teve de ser seletiva, uma vez que teve de se adequar aos limites do mercado local e ao sistema produtivo existente. Assim, Kiichiro importou para a sua fábrica os conceitos de partes *standard* e permutáveis, máquinas especializadas e as linhas de montagem móveis.

Com o fim da segunda guerra mundial o Japão encontrava-se num estado de crise económica o que levou a que a produção em massa, lucrativa devido a economias de escala, deixasse de ser uma estratégia viável. Desta forma, segundo Fujimoto, a Toyota foi obrigada a aumentar a produtividade interna, combinando elementos do Taylorismo e elementos específicos da empresa.

As mudanças organizacionais realizadas resultaram no despedimento de várias pessoas o que, conjugado com o clima instável gerado pela derrota na segunda guerra mundial, originou grande descontentamento por parte dos trabalhadores. Consequentemente, Kiichiro Toyoda assumiu

responsabilidade pelo fracasso da empresa e como forma de conter o descontentamento dos colaboradores demitiu-se (Liker, 2004). Posteriormente, em 1950, o estado da indústria automóvel melhorou aquando do início da guerra coreana, o que resultou num aumento de encomendas. Desta forma, a Toyota lançou novos veículos automóveis e continuou a investir no melhoramento do seu sistema produtivo.

Para tal, a Toyota importou da América os princípios de gestão científica e, adicionalmente, incorporou ferramentas estatísticas de controlo da qualidade, inspirado em autores como Edward Demming e Shewart. Na mesma década, Taiichi Ohno, numa das visitas regulares às empresas americanas, visitou os supermercados americanos. Nestes a reposição de produtos às prateleiras era comandada pelo consumo dos clientes visto que, quando determinado produto começava a escassear, um sinal era enviado ao armazém, e esse produto era repostado. Inspirado nesta metodologia, Taiichi Ohno implementou supermercados e o sistema *kanban* no seu sistema produtivo, de tal forma que, quando material era utilizado numa operação, um *kanban* com a informação do material consumido era enviado à operação fornecedora para comandar a reposição do material. Na década seguinte observou-se um aumento na procura nacional e a empresa continuou a crescer e a melhorar o seu sistema produtivo, tendo-se verificado que entre o início desta década e o início de 1970 a produção aumentou de quinhentas mil unidades para cinco milhões de unidades por ano.

Esta década ficou ainda marcada pela introdução do Total Quality Management, que arrecadou à empresa o prémio Deming em 1965 e um subsequente aumento do esforço de integrar as empresas fornecedores da Toyota na cadeia de valor, de forma a sincronizar mais eficientemente os fluxos de informação e material.

Enquanto que a década de 1960 mostrou um aumento da procura nacional, a década de 1970 implicou um aumento da procura no estrangeiro aumentando a exportação da empresa. Em termos de melhoria do sistema produtivo, a empresa focou-se na melhoria da *performance* ao nível da qualidade, custo e entrega, tanto na gestão interna da produção como na gestão dos fornecedores.

Esta década foi largamente marcada pela crise do petróleo e, devido às dificuldades económicas causadas por esta crise, o modelo de gestão Toyota foi disseminado às empresas Japonesas através de visitas às instalações e através da publicação do livro “*Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*” (Ohno, 1988) em 1978, como forma de amenizar o impacto da crise. Rapidamente o sistema de produção Toyota tornou-se sinónimo do melhor modelo de gestão da manufatura para empresas Japonesas.

O sucesso do TPS no final da década de 1970 gerou reconhecimento internacional. Contudo, o aumento da exportação da indústria automóvel japonesa aquando duma queda da procura de automóveis americanos gerou discussão política na América. Assim, de forma a prevenir entraves à comercialização de carros japoneses, a Toyota investiu num empreendimento conjunto com empresas americanas e também europeias. Este passo foi importante quer para a Toyota formalizar o seu sistema produtivo quer para introduzir o *TPS* ao ocidente. Esta introdução do *TPS* revelou dificuldades ao nível da adaptação do modo de gestão à cultura ocidental e devido a entraves apresentados por sindicatos de trabalhadores.

Na década de 1990, através do lançamento do livro “A máquina que mudou o mundo” (J. P. Womack et al., 1992), a comunidade internacional teve uma nova oportunidade de compreender os princípios que conduziram ao sucesso do *TPS*.

É importante compreender que não foi a aplicação de ferramentas isoladas que conduziu ao sucesso da Toyota. A Toyota trabalha com os objetivos de eliminar desperdício e criar valor, e foi numa tentativa de atingir estes objetivos que a Toyota criou as ferramentas que conduziram ao seu sucesso.

## 2.2 A Casa TPS

O modelo elaborado por Taiichi Ohno, representado na Figura 1, assume a forma duma casa, constituída por teto, pilares e fundação.

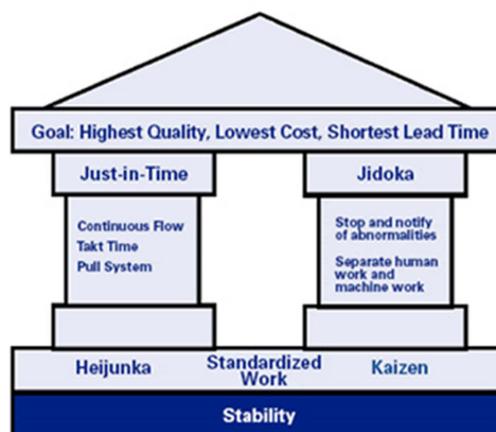


Figura 1- A casa TPS (Balle & Balle, 2005)

Acima da casa existe o foco no cliente. De forma a satisfazer o cliente é necessário obter alta qualidade e baixo custo no menor *lead time* alcançável.

Para atingir este objetivo é necessário que os alicerces da casa sejam estáveis, nomeadamente: *JIT* (*just-in-time*) e *jidoka*.

A produção *JIT* traduz-se em produzir apenas o que é necessário, quando é necessário e na quantidade necessária. De forma a consegui-lo, é necessário que a ordem do que produzir, que quantidade produzir e quando produzir seja emitida pelo cliente e que seja mantido o fluxo de informação e de material intato em toda a cadeia de valor, de forma a que o sinal produtivo seja recebido pelo *pacemaker* (processo produtivo que recebe a informação sobre o consumo do cliente) e se propague pelo resto da cadeia de valor. Subjacentes ao *JIT* estão o sistema puxado e o fluxo contínuo.

O *jidoka* (termo japonês para automação) representa a “máquina com inteligência humana”, que pára a produção assim que deteta um produto não conforme, e, paralelamente, sinaliza o humano para a ocorrência do problema. O *jidoka* é benéfico pois alerta para a ocorrência de um problema e previne que os defeitos se propaguem a jusante na cadeia de valor, evitando todo o desperdício aí implicado.

De forma a edificar pilares estáveis é necessária uma fundação estável, nomeadamente: *standards*, *heijunka* e melhoria contínua.

Os *standards* são as práticas definidas para executar determinada tarefa. Um *standard* não deve de ser algo permanente, mas sim algo sujeito a análise constante e melhorado sempre que se descobre uma melhor forma de executar a tarefa. A existência de um *standard* é essencial, pois só assim é possível criar um processo estável e previsível.

O *heijunka* significa nivelar a produção em volume e variedade. O *heijunka* é essencial no *TPS* para manter o sistema estável e permitir a redução do inventário ao mínimo (a redução do inventário é algo gradual e não imediato).

Por fim, tem-se as pessoas no centro da casa. São as pessoas, apoiadas e encorajadas para fazerem sempre melhor, que identificam e eliminam os desperdícios e, trabalhando em equipa, permitem que o sistema melhore continuamente.

Na Toyota, a forma de ensinar os colaboradores era através de aplicação prática no *shop floor*, o que permitia aprender constantemente novos métodos e novas variações dos métodos existentes. Embora este método de aprendizagem permitisse aprender e disseminar boas práticas pela empresa, à medida que a empresa cresceu, percebeu-se que ensinar colaboradores era uma tarefa sem fim (Liker, 2004).

Por esta razão, Taiichi Ohno desenvolveu a casa *TPS*. Analisando este modelo percebe-se que Taiichi Ohno acreditava que o *TPS* não era apenas um conjunto de tarefas, mas sim um sistema sofisticado de produção que necessita da interligação de todos os seus componentes de forma a atingir um objetivo comum. Este objetivo foca-se em suportar e encorajar as pessoas para melhorarem constantemente os processos onde trabalham.

Assim, é possível entender o modelo ser em forma de casa, dado que apenas conseguimos construir uma estrutura estável se os seus alicerces (teto, pilares e fundação) forem inabaláveis e corretamente sincronizados.

### 2.3 Os 7 desperdícios

Dentro duma organização os processos incorporam tarefas que acrescentam valor ao produto e desperdícios.

Valor pode ser definido respondendo à pergunta “o que o cliente quer com esse processo?”, tanto o cliente interno, dos próximos passos da linha de produção, quanto o cliente externo final (Liker, 2004).

Adicionalmente, segundo o *BPS* (Bosch, 2013), é necessário fazer a distinção entre desperdício evidente, caracterizado como atividades comprovadamente desnecessárias para aumentar o valor do produto, e o desperdício oculto, ou seja, atividades que não acrescentam o valor do produto, mas que são necessárias em devidas circunstâncias. O objetivo da melhoria do sistema produtivo é eliminar completamente o desperdício evidente e minimizar o desperdício oculto.

Para a gestão empresarial japonesa, a identificação de desperdícios abrange a identificação de três categorias destes, denominados os “três MU's” (Amaro & Pinto, 2007). Os “3 MU” significam:

1. *Muda* (desperdício): atividades que consomem recursos mas não acrescentam valor na perspetiva do cliente (Ohno, 1988).

2. *Mura* (inconsistência ou variação): inconsistências e irregularidade dos recursos produtivos.

3. *Muri* (irracionalidade): sobrecarga não natural de determinado recurso produtivo.

Contemplados na “*Muda*”, Ohno identificou sete tipos de desperdícios (Shingo & Bodek, 2019): esperas, transportes, sobreprocessamento, *stocks*, defeitos, movimento desnecessário e sobreprodução.

- Esperas: refere-se quer às pessoas quer às máquinas que estão à espera (Amaro & Pinto, 2007).

- Transportes: é definido pela movimentação de materiais ou produtos (Amaro & Pinto, 2007). O transporte de materiais não só consome recursos e não acrescenta valor, como também apresenta risco de dano para materiais e produtos transportados e usa espaço do gembá (Amaro & Pinto, 2007). Por vezes os transportes no sentido do fluxo são impossíveis de eliminar, contudo, deve-se reduzir as distâncias a percorrer, aproximar fisicamente linhas da mesma cadeia de valor e melhorar os sistemas de transporte para alternativas mais flexíveis (Amaro & Pinto, 2007).

- Sobreprocessamento: passos desnecessários para processar peças. Também é considerado uma perda quando se oferecem produtos com qualidade superior à exigida pelo cliente. Um exemplo deste desperdício é colocar uma unidade com plástico antes de a transportar e no processo produtivo seguinte o primeiro passo ser remover este plástico.

- Stocks: presença de materiais retidos por um determinado tempo, dentro ou fora da fábrica (Amaro & Pinto, 2007). Este desperdício pode ocorrer devido a diversas razões como por exemplo, fraco layout dos equipamentos, estrangulamentos da produção (Amaro & Pinto, 2007), mudanças de linha demoradas e *lead time* elevado dos fornecedores.

- Defeitos: produtos não conformes segundo os requisitos do cliente. Este desperdício implica perdas devido ao custo dos materiais, mão-de-obra e equipamento utilizados. Adicionalmente, o material não conforme ocupa espaço no chão de fábrica e implica movimentações e transportes desnecessários (Ohno, 1988).

- Movimento desnecessário: todo movimento corporal de uma pessoa não diretamente relacionado à agregação de valor é improdutivo (Massaki, 1996), tais como procurar ou pegar em peças e caminhar. Este desperdício pode surgir por múltiplos motivos, por exemplo: existência de um *layout* indevido, falta ou insuficiente especificação de *standards*, desorganização e local de trabalho inseguro.

- Sobreprodução: produzir o que não é necessário, quando não é necessário, em quantidades desnecessárias (Amaro & Pinto, 2007). Muitas são as razões para a ocorrência deste desperdício como por exemplo, grandes lotes de produção, criação de *stock* para compensar o número de peças com defeito (Amaro & Pinto, 2007), problemas de absentismo, avaria de máquinas, mudanças de linha demoradas, intenção de aumentar a produtividade para cumprir objetivos da linha, capacidade excessiva e problemas de previsão.

Segundo Taiichi Ohno, a sobreprodução é o mais grave dos sete desperdícios, pois implica a ocorrência de todos os outros desperdícios (Wilson, 2009). Como consequência da sobreprodução ocorrerá o consumo antecipado de matéria-prima, uso inútil de equipamento e mão-de-obra,

acréscimos de maquinaria, aumento de cargas de juros, custos de transportes e custos administrativos e redução da flexibilidade no planeamento.

Adicionalmente, a sobreprodução implica maior necessidade de espaço para *stock* e, por sua vez, a existência dessa “almofada de segurança” esconde problemas e reduz a necessidade de melhoria contínua e resolução desses problemas, como é possível compreender por observação da Figura 3.

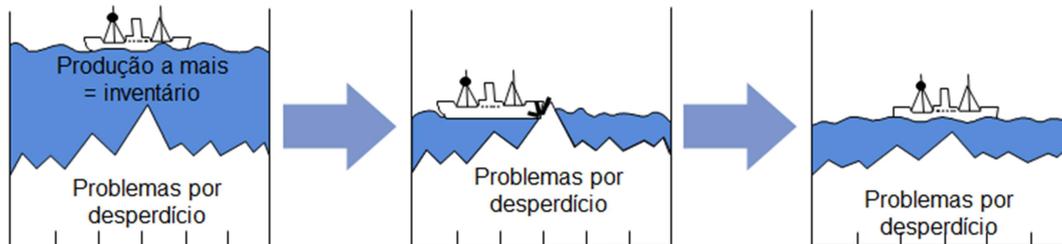


Figura 2 - Inventário como "almofada de segurança" (Bosch, 2013)

Na Figura 3 entende-se que quando há um excesso de *stock*, mesmo que haja problemas, eles não serão transparentes pois o *stock* existente vai impedir que a produção seja interrompida.

## 2.4 Nivelamento

Nivelamento, ou *Heijunka* em japonês, consiste em criar um padrão de produção em ciclos de curta duração, balanceando a quantidade e variedade de produtos produzidos (Liker, 2004). De forma a realizá-lo é preciso calcular as necessidades de cada produto num período de tempo e distribuir essa necessidade de produção no período de nivelamento de forma a obter um plano de produção que exija aproximadamente das mesmas necessidades de capacidade, máquinas e material ao longo do tempo.

Caso a produção não esteja nivelada, a todo o momento é necessário ter capacidade, pessoas e matérias disponíveis para responder a um pico de procura do cliente. Nessa situação também irá haver sobrecarga destes três elementos e mais facilmente surgirão problemas de qualidade do produto e da qualidade de vida dos trabalhadores. Por outro lado, quando a procura do cliente é inesperadamente baixa, haverá capacidade excessiva e falta de trabalho para os operadores (Liker, 2004).

Com o nivelamento distribui-se a produção ao longo do tempo e, quando há um pico de procura de um certo produto, o sistema produtivo vai ter maior flexibilidade para responder a essa variação não sendo afetado pelo chamado *efeito de chicote*. Este *efeito* mostra o modo como variação inesperada num elemento da cadeia de valor se propaga e é ampliada para todos os elementos da cadeia de valor a montante.

Adicionalmente, o nivelamento aumenta a previsibilidade das necessidades da empresa para os seus fornecedores e serve de base para a implementação de melhorias na cadeia de valor.

Segundo o *BPS*, em vez de fazer a produção emular exatamente o sinal de consumo do cliente, o nivelamento transforma o sinal flutuado do consumo do cliente num sinal estável de produção de forma a utilizar os recursos produtivos eficientemente.

Este sinal estável de produção é por sua vez transmitido unicamente ao processo *pacemaker* da cadeia de valor, que, por definição, é o processo que recebe o sinal de produção. Os fluxos de material e informação são então despoletados pelo *pacemaker* e transmitidos aos restantes processos da cadeia de valor através do sistema puxado ou, em nomenclatura oficial da Bosch, controlo por consumo.

## 2.5 VSM

O VSM (*value stream mapping*) é conhecido em português como mapeamento da cadeia de valor. O mapeamento é feito por observação direta no chão de fábrica. O objetivo da ferramenta é mapear o estado atual do fluxo de material e informação do produto em toda a sua cadeia de valor.

A elaboração dum *VSM* é simples: seguir o trajeto dum produto produzido desde o cliente até ao fornecedor enquanto que se desenha uma representação visual para cada processo de fluxo de material ou informação (Rother & Shook, 2003).

Segundo Rother & Shook, após mapear a condição atual duma família de produtos, desenha-se a condição desejada no futuro - designado no *BPS* de *VSD* (*value stream design*).

A última etapa consiste em definir e preparar um plano de implementação que permita transformar a situação atual na projetada.

## 2.6 Overview do Controlo por Consumo

A informação apresentada referente ao controlo por consumo foi obtida no guião pertencente à Bosch (Bosch, 2018).

A implementação do controlo por consumo tem oito etapas, nomeadamente:

1. Definição do *control loop*.
2. Período de planeamento.
3. Definição da gama de produtos.
4. Análise do comportamento de consumo dos clientes.
5. Cálculo de capacidade.
6. Definição do tamanho de lote de produção.
7. Dimensionamento do supermercado com a fórmula RELOWISA.

## 8. Preparação da implementação.

Nos seguintes pontos apresenta-se, em síntese, a descrição das oito etapas enumeradas.

### 2.6.1. Definição do control loop teste

Uma cadeia de valor com controlo por consumo implementado pode ter cinco elementos distintos, nomeadamente: *FIFO lane*, supermercado, *kanban-chute*, formação de lotes e *kanban box*. Na Figura 4 estão apresentados os elementos mencionados.

#### What are possible elements of a consumption control?

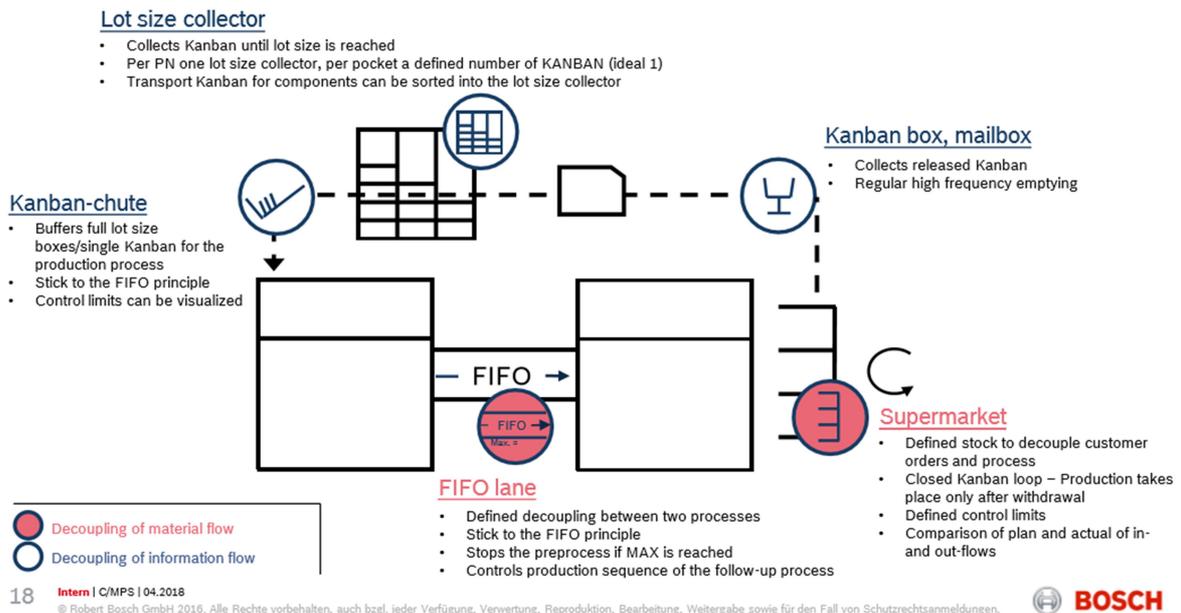


Figura 3 - Elementos do controlo por consumo (Bosch, 2018)

1. *FIFO lane*: os produtos armazenados numa *FIFO lane* são retirados na mesma sequência que foram armazenados. Quando se dimensiona uma *FIFO lane* é determinado um número máximo de produtos que podem estar armazenados simultaneamente. Quando esse limite é atingido, o processo diretamente a montante é instruído a interromper a produção até que o limite deixe de ser atingido.

2. Supermercado: um supermercado armazena os produtos numa forma sistemática dependendo da classificação dum produto como *runner* ou exótico, como será posteriormente explicado. O consumo de material do supermercado envia informação no *kanban loop*, o qual será explicado adiante. Esta informação comanda a produção de um processo a montante.

3. *Kanban box*: *kanbans* libertados no consumo do supermercado são enviados para este elemento. Deverá haver recolha desses *kanbans* com elevada frequência e consistência.

4. Formação de lotes: os *kanbans* de produção, recolhidos do *kanban box* e, opcionalmente, os *kanbans* de transporte são colocados neste elemento. Os *kanbans* de produção são organizados por *part-number* num local previamente determinado. Quando o número de *kanbans* por lote dum determinado *part-number* é atingido, é libertado um *kanban* de produção para o *kanban-chute*.

5. *Kanban-chute*: tem limites de controlo para o número máximo definido de *kanbans* que pode conter e estes limites são transparentes devido à aplicação de gestão visual. Os *kanbans* são retirados do *kanban-chute* na mesma sequência que foram colocados.

Adicionalmente, existem mais dois tipos de armazenamentos designados “*profiled stock*” e “*undefined stock*”. Contudo, estes não serão descritos visto que não são aceitáveis na implementação do controlo por consumo.

#### 2.6.2. Período de planeamento

O período de planeamento corresponde ao intervalo de tempo para o qual é feita a análise do controlo por consumo.

O período de nivelamento deve ser mais demorado do que o *replenishment time* dum *kanban*, conceito que será explicado adiante.

#### 2.6.3. Definição da gama de produtos

Nesta etapa é efetuada uma Análise de Pareto para determinar os *part-numbers* que representam 70% a 90 % do tempo planeado de produção. Esses *part-numbers* são designados *runners*, e os restantes são designados exóticos.

#### 2.6.4. Análise do comportamento de consumo dos clientes

Esta etapa é uma determinante para a definição do stock necessário e o número de *kanbans* no *control loop* para evitar falha do controlo por consumo. Para esta análise são necessárias a quantidade e a data do consumo do cliente.

O consumo é analisado segundo duas categorias: flutuações planeadas e flutuações não planeadas. A Figura 4 apresenta a informação previamente mencionada.

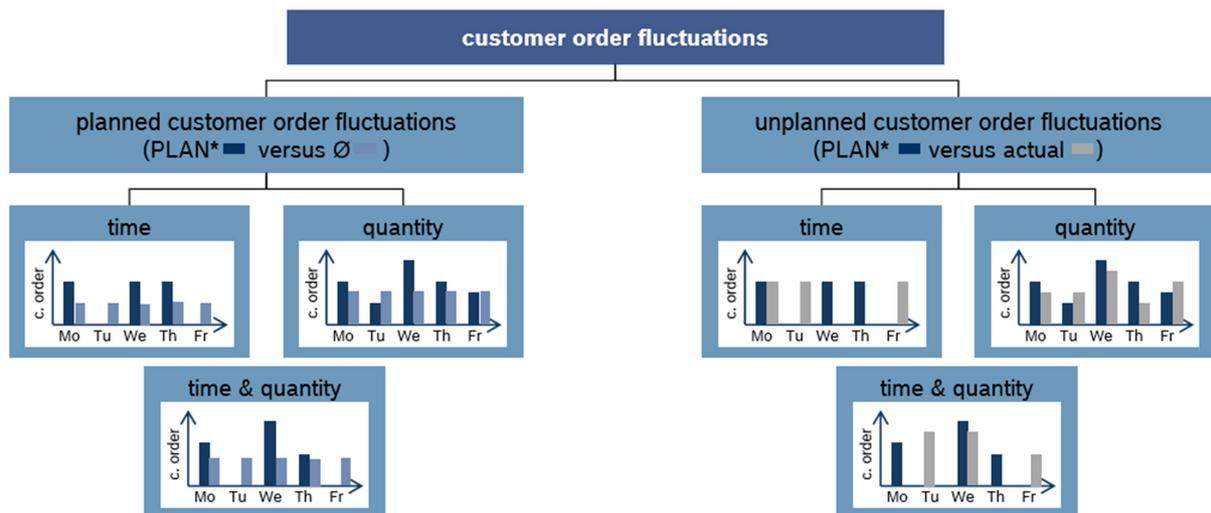


Figura 4 - Análise da flutuação da procura do cliente (Bosch, 2018)

Esta análise tem de ser feita recorrendo a múltiplos períodos de planeamento do passado.

#### 2.6.5. Cálculo de capacidade

O objetivo desta etapa é determinar a capacidade disponível para mudanças de produto nos processos, um conceito importante no nivelamento para o cálculo do *EPEI*.

De forma a obter este valor é necessário subtrair ao tempo total dum turno de trabalho todas as perdas de capacidade existentes. A Figura 5 apresenta os termos que necessitam de ser considerados para determinar a capacidade disponível para mudanças de produto.

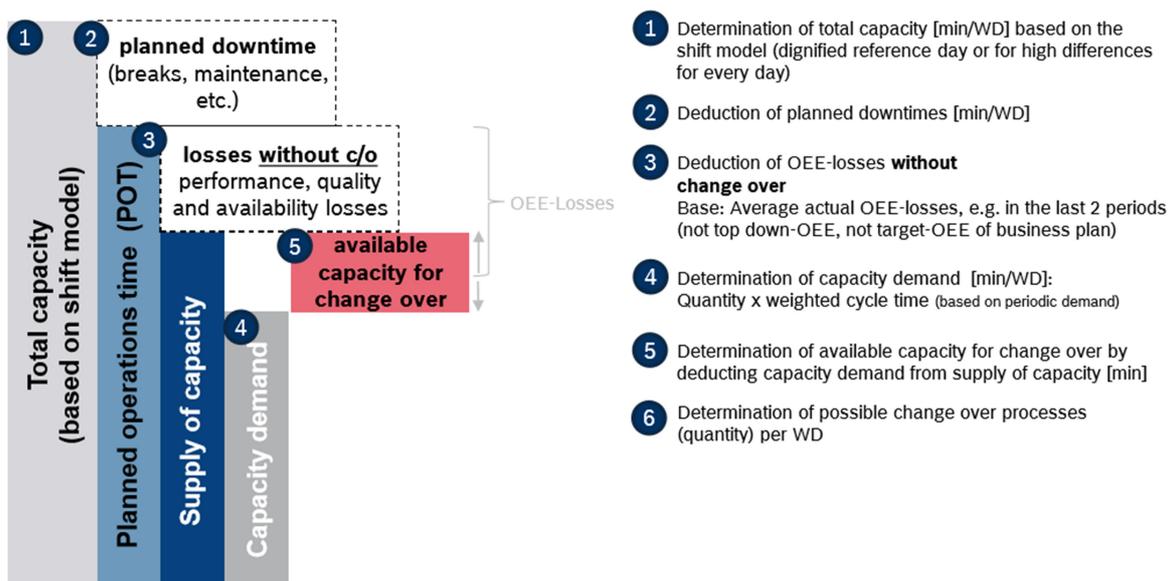


Figura 5 - Análise da capacidade do processo (Bosch, 2018)

#### 2.6.6. Definição do tamanho de lote de produção

A definição do tamanho de lote depende de quatro fatores, nomeadamente:

1. Restrições ao tamanho do lote, como por exemplo dimensões de embalagem que apenas permitam um determinado número máximo de peças.
2. Análise do histórico de falhas técnicas dos equipamentos produtivos.
3. Análise do número de mudanças de produto necessárias para produtos exóticos.
4. Capacidade disponível para mudanças de produto calculadas na etapa do cálculo da capacidade.

Com base nestes fatores é necessário decidir se o dimensionamento do tamanho de lote deve permitir que todos os *runners* tenham o mesmo tamanho de lote ou se o número de mudanças de produto deve ser constante.

#### 2.6.7. Dimensionamento do supermercado com a fórmula RELOWISA

Nesta etapa é apresentada a fórmula *RELOWISA*, explica-se a gestão de *kanbans* no *heijunka* e são determinados os limites de controlo no *kanban-chute*.

A fórmula *RELOWISA* determina o número de *kanbans* que deverão estar em cada *control loop* da cadeia de valor. Esta fórmula é decomposta em quatro termos, apresentados nos pontos seguintes.

A fórmula seguinte calcula o número de *kanbans* (*k*) no supermercado:

$$k = RE + LO + WI + SA$$

##### 2.6.7.1. Primeiro termo - "RE"

*Corresponde ao número de Kanbans* para evitar a rotura do *control loop* devido ao tempo que decorre desde que um *kanban* é retirado do supermercado até que é lá repostado (este tempo é designado por "*RT loop*"), assumindo consumo do cliente no ritmo do *takt time*. Não é contabilizado o tempo que um *kanban* está parado na formação de lotes, à espera de que o lote seja formado (este tempo é considerado no segundo termo da fórmula, designado "*LO*").

O "*RT loop*" é decomposto em: "*RT1*" – tempo que decorre desde que o *kanban* é libertado do supermercado até que chega ao *kanban-chute* (não é contabilizado o tempo que o *kanban* está parado na formação de lotes); "*RT2*" – tempo que o *kanban* permanece no *kanban-chute*; "*RT3*" – tempo de preparação do material necessário à produção do *kanban* libertado do *kanban-chute* e, dessa forma, depende do tempo de ciclo do *milkrun*; "*RT4*" – tempo decorrido desde que a última peça do produto anteriormente produzido é terminada até ao início da produção do *kanban* libertada do *kanban-chute*;

“*RT5*” – tempo de produção do *kanban* no processo; “*RT6*” – tempo de transporte do material desde o processo até ao supermercado.

Os tempos mencionados são apenas aqueles incluídos no tempo de atividade do processo. A Figura 6 apresenta uma representação do *RT loop*.

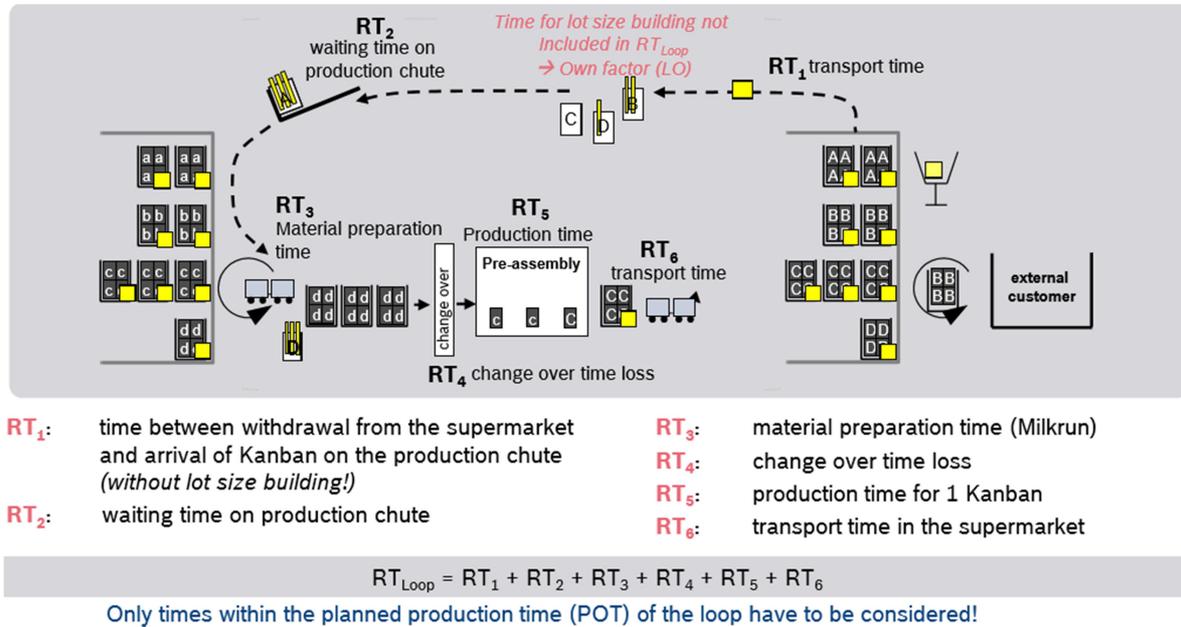


Figura 6 - Definição do *Rtloop* (Bosch, 2018)

A ocorrência simultânea dos “*RT2*”, “*RT3*” e “*RT4*” é possível, porque, por exemplo, é possível que o material seja preparado e a mudança de linha ocorram simultaneamente. Caso isto aconteça os períodos de tempo em simultâneo poderão não necessitar de ser somados aquando do cálculo do *RT loop*. A Figura 7 mostra um exemplo no qual se percebe que nem sempre é necessário somar estes três termos integralmente, pois no exemplo há um período no qual o *RT2* e o *RT3* e outro período no qual o *RT3* e o *RT4* ocorrem paralelamente.

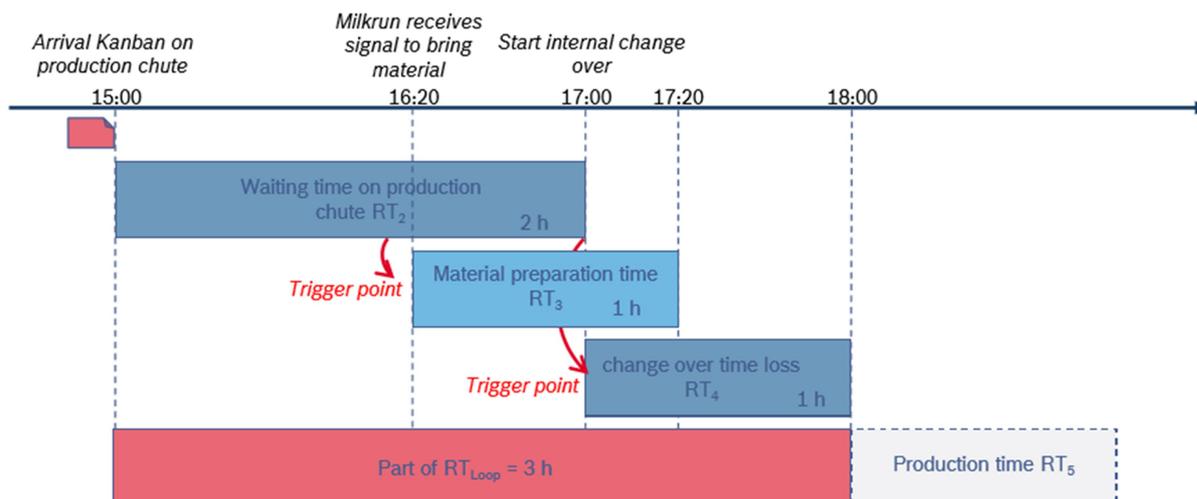


Figura 7 - Termos do RTloop a decorrer em paralelo (Bosch, 2018)

#### 2.6.7.2. Segundo termo – “LO”

Como previamente mencionado, este termo indica quantos *kanbans* devem existir no *control loop* para cobrir o tempo que um *kanban* fica retido na formação de lotes, assumindo um consumo do cliente ao ritmo do *takt time*.

A fórmula do “LO” consiste no número de *kanbans* que constituem o respetivo lote, subtraindo um, dado que apenas quando o primeiro *kanban* do lote é colocado na formação de lotes é que o *kanban* fica à espera na formação de lotes.

#### 2.6.7.3. Terceiro termo – “WI”

O número de *kanbans* necessários quando o consumo do supermercado é fora do período de laboração do processo e quando o consumo do supermercado não é de acordo com o *takt time*.

#### 2.6.7.4. Quarto termo – “SA”

O número de *kanbans* de produto em supermercado e *kanbans* no chute necessários devido à existência de flutuação de *OEE* no processo e flutuação do consumo do cliente (de todos os *part-numbers*). O termo “SA” é decomposto em “SA1sup”, “SA2sup”, “SA1lev” e “SA2lev”.

O controlo por consumo visa evitar que a existência de produtos *runner* em supermercado seja inferior ao mínimo e superior ao máximo calculados. De seguida vão ser apresentados os termos do “SA” acompanhados do motivo da sua necessidade.

Os termos “SA1sup” e “SA2lev” adicionam *kanbans* de produto ao supermercado. O “SA1sup” é calculado após análise da flutuação do *OEE* nos processos e o “SA2lev” é calculado após análise da flutuação do consumo de todos os produtos transformados na cadeia de valor.

O “SA1sup” é necessário porque quando o *OEE* do processo é inferior ao esperado, o abastecimento de material ao armazenamento a jusante é reduzido.

O “SA2lev” é necessário porque quando o consumo do cliente é superior ao planeado, pode acontecer que a extração de produtos no supermercado se torne superior à sua reposição.

Os termos “SA1lev” e “SA2sup” adicionam *kanbans* de produção ao chute para evitar que a produção seja interrompida por falta de *kanbans*. O “SA1lev” é calculado após análise do *OEE* nos processos e o “SA2sup” é calculado após análise da flutuação do consumo de todos os produtos transformados na cadeia de valor.

O “SA1lev” é necessário porque quando o *OEE* do processo é superior ao esperado, o consumo de *kanbans* de produção poderá ser superior à libertação de *kanbans* para o chute.

O “SA2sup” é necessário porque se o consumo de material pelo cliente for inferior ao esperado, são libertados menos *kanbans* do supermercado para o chute, incorrendo no risco de a produção ser interrompida por falta de *kanbans*.

#### 2.6.8. Preparação da implementação

Dados necessários para iniciar a implementação:

1. *Standards* definidos, validados e treinados;
2. Elementos do controlo por consumo implementados;
3. *Kanban loop* definido, imprimido e visível;
4. Supermercados abastecidos com o stock calculado para o início do período de nivelamento, que é diferente do *stock* esperado depois do controlo por consumo estar implementado por um período de tempo suficiente para estabilizar as variáveis do sistema.

A lógica do dimensionamento inicial dos supermercados é que todos os *kanbans* calculados no *RELOWISA* devem estar considerados no *control loop*. Desta forma, são inicialmente calculados os elementos do controlo por consumo com limite máximo de *kanbans* que podem suportar, nomeadamente a formação de lotes e os *RT1* a *RT6*. Os restantes *kanbans* deverão começar no supermercado.

Após a implementação do controlo por consumo deve haver monitorização do sistema de forma quer a reduzir o risco de rotura quer para reduzir os níveis de *stock* (estabilização após implementação).

De seguida, o guião em análise apresenta possíveis situações problemáticas, as razões que levam a surgir essas situações e medidas a tomar para as resolver.

- *Stock* continuamente elevado (nível de *stock* próximo do máximo definido): é possível que este problema seja devido aos fatores do “*SA*” mal calculados ou devido a nível de *stock* elevado no início do período de nivelamento. Assim, deve ser analisado o cálculo do “*SA*” e/ou a produção deve ser temporariamente interrompida de forma a atingir um nível de *stock* desejado.

- *Stock* continuamente reduzido (próximo do mínimo definido): poderá ser causado devido a nível de *stock* reduzido no início do período de nivelamento.

- *Kanban-chute* continuamente elevado e/ou tempo de espera dos *kanbans* no *kanban-chute* muito elevado: premissas no cálculo do “*RT2*” mal estimadas, número muito elevado de *kanbans* no *kanban-chute* no início do período de nivelamento e/ou número muito elevado de *kanbans* no *control loop*.

- *Kanban-chute* esvazia-se ocasionalmente: premissas no cálculo do “*RT2*” mal estimadas.

### 3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O projeto que serviu de base à elaboração desta dissertação foi desenvolvido na Bosch Car Multimedia, Portugal, S.A. Este capítulo dedica-se à apresentação desta empresa, discriminando a sua estrutura organizacional, principais produtos, fornecedores e clientes. Adicionalmente, é feita uma descrição do grupo ao qual ela pertence, o grupo Bosch, referenciando as suas unidades de negócio e respetivas divisões.

O capítulo termina com a apresentação da metodologia adotada pela empresa, o *Bosch Production System*, similar ao *TPS*, que serve de *guideline* para o trabalho de todos os colaboradores do grupo Bosch.

#### 3.1. Identificação e Localização

A Bosch Car Multimedia, Portugal, S.A. está sediada em Braga, desde 1990, e pertence ao grupo Robert Bosch GmbH. Inicialmente dedicava-se à produção de autorrádios com leitor de cassetes, atualmente produz para várias unidades de negócio, nomeadamente CM-CI1 (Automotive navigation and infotainment systems, CM-CI2 (Instrumentation Systems) e CVO/CWW-CM (Professional Systems). Esta empresa está inserida na divisão *Car Multimedia (CM)*, servindo de *benchmark* para todas as empresas do grupo Bosch que operam nesta divisão.

#### 3.2. Grupo Bosch

O grupo Bosch foi fundado em 1886, na Alemanha, quando, na cidade de Estugarda, o Sr. Robert Bosch cria uma “oficina de mecânica de precisão e eletricidade” (BoschPortugal, 2015). Desde então a empresa cresceu e obteve reconhecimento mundial, especializando atualmente em soluções de mobilidade, *consumer goods*, *energy and building technology* e *industrial technology*.

O grupo Bosch emprega atualmente aproximadamente 410000 colaboradores distribuídos por 440 subsidiárias em 60 países do mundo.

O volume de vendas em 2018 foi de 78,5 centenas de milhões de euros, resultando em 5,5 centenas de milhões de *EBIT*. O grupo considera a inovação e desenvolvimento uma componente crucial do sucesso futuro. Esta área emprega 68700 colaboradores e investiu aproximadamente 7,3 centenas de milhões de euros.

## Major technologies and services supplier

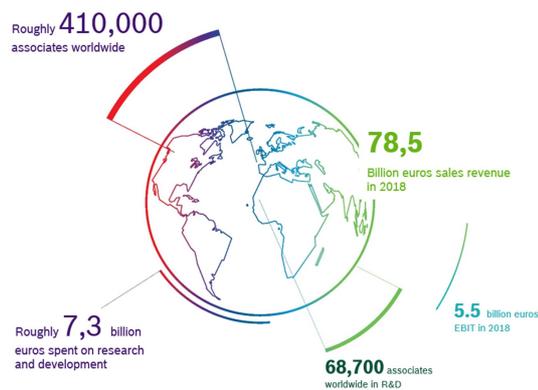


Figura 8 - Informação sobre o grupo Bosch

### 3.3. A Bosch em Portugal

O ano era 1911 quando Gustavo Cudell inaugura a primeira subsidiária em Lisboa, com a função de comercialização direta dos produtos Bosch.

Após a introdução da Bosch em Portugal sucederam-se múltiplos investimentos no país. Em 1960 é aberta a Robert Bosch Lda em Lisboa, em 1988 é adquirida a fábrica de termodomésticos da Vulcano em Aveiro, em 1990 é inaugurada a Blaupunkt em Braga com a função de produzir autorrádios, em 2002 adquiriu-se a fábrica especializada em sistemas de segurança em Ovar, em 2009 foi aberto o centro de comunicações em Lisboa e, finalmente, em 2018 foi inaugurado um centro de investigação e desenvolvimento em Braga.

O ano de 2009 foi marcado pela venda da Blaupunkt e reorganização da divisão de CM.



Figura 9 - História da Bosch em Portugal

### 3.4. Divisão Car Multimedia (CM)

A Car Multimedia (CM) é sediada em Hildesheim, Alemanha. Esta divisão representou um volume de vendas de 2,6 centenas de milhões de euros, empregando 9200 colaboradores distribuídos por mais de 20 empresas em todo o mundo.

A divisão CM tem como foco estratégico ser uma referência mundial no novo paradigma da condução – a perspetiva do carro como o terceiro “*living space*”. Isto significa que apesar da complexidade do desenvolvimento de *software* e eletrónica, *Car Multimedia* vai focar-se em personalizar o produto às necessidades dos clientes, possibilitando que a deslocação automóvel seja empolgante, agradável e segura.

Este foco estratégico está apoiado em 5 elementos:

1. **Compute:** Foco em ser reconhecido como benchmark em soluções de convergência de sistemas e soluções de computação em veículos;
2. **Connect:** Foco claro em soluções de conectividade *vehicle-to-everything* para sistemas de apoio ao condutor;
3. **Show:** foco num portefólio de instrumentos e display products no *cockpit* do passageiro, como por exemplo, instrumentos interativos por contacto. A visão de longo prazo inclui tecnologia de projeção de imagem;
4. **Sense:** Investimento no segmento de mercado emergente que engloba sistemas com câmeras e sensores que possibilitem um grau mais elevado de segurança, conforto e conveniência;
5. **Personalize:** Neste momento a *CM* está a introduzir um novo segmento de negócios que envolve a personalização de sistemas presentes no *cockpit*. Nesta fase estão em fase de investigação formas de otimizar os benefícios para os nossos clientes e os clientes finais.

### 3.5. Bosch Car Multimedia Portugal S.A.

A fábrica da Bosch em Braga é a principal fábrica da divisão Car Multimedia da Bosch. Neste subcapítulo vão ser apresentados os clientes, produtos e a estrutura organizacional.

#### 3.5.1. Clientes

A Bosch fornece um grande portefólio de clientes oriundos de todo o mundo. O conjunto de clientes que depositou a sua confiança na Bosch está representado na **Figura 10**.



Figura 10 - Apresentação de clientes (Bosch, 2013)

### 3.5.2. Produtos

A unidade da Bosch de Braga é detentora de uma cota dos mercados de sistemas de navegação, sistemas inovadores de *infotainment*, sistemas de instrumentação, *clusters de instrumentação*, sensores, eletrodomésticos para casa, sistemas de unidades de controlo e clusters de instrumentação para two-wheelers.

## Product Portfolio

<p><b>Navigation Systems</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Smart integration solutions for entertainment</li> <li>▶ Navigation</li> <li>▶ Telematics</li> <li>▶ Driver assistance</li> </ul> 	<p><b>Next Infotainment Gen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ System integration</li> <li>▶ Connectivity</li> <li>▶ TV/Tuner radio</li> <li>▶ PC HW approach (Intel µP)</li> <li>▶ Integrated CE solutions</li> </ul> 	<p><b>Instrumentation Systems</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Combiner Head-Up-Displays</li> </ul> 	<p><b>Instrumentation Cluster</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Innovative free programmable instrument cluster</li> </ul> 
<p><b>Steering Angle Sensor</b></p> <p>Innovative systems and functions for vehicle safety, dynamics and driver assistance.</p> 	<p><b>House-hold Electronics</b></p> <p>Manufacture of complex electronic controllers for a wide variety of different applications.</p> 	<p><b>Control Units Systems</b></p> <p>Innovative and pioneering solutions for room climate and water boilers.</p> 	<p><b>Instrumentation clusters for two-wheelers</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Integrated connectivity clusters</li> <li>▶ Innovative in-vehicle audio/video and Vehicle Intelligence - 2017 CES Innovation award</li> </ul> 

Figura 11 - Portefólio de produtos (Bosch, 2013)

### 3.5.3. Estrutura Organizacional

A organização interna na Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. é funcional dividida em duas áreas: área comercial e área técnica.

O organigrama da área comercial está representado na Figura 12

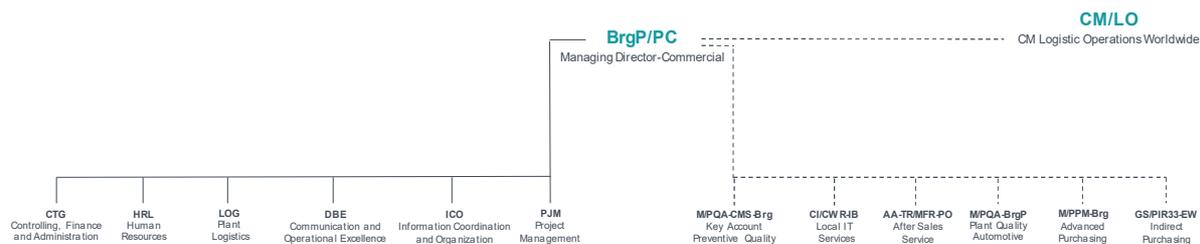


Figura 12 - Organograma da área comercial da Bosch de Braga (Bosch, 2013)

O organograma da área técnica está representado na Figura 13.

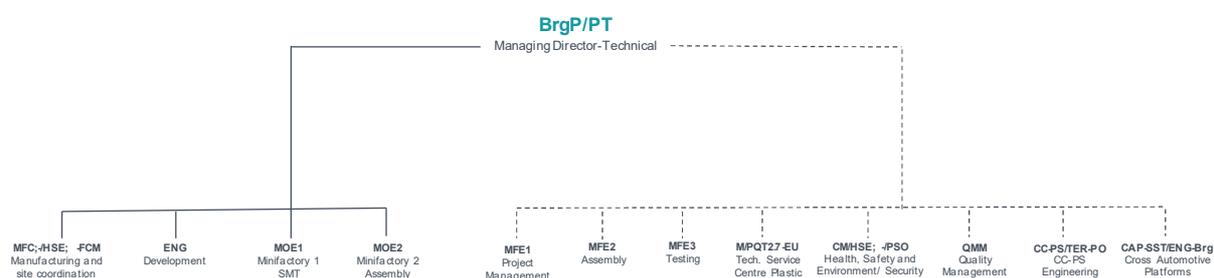


Figura 13 - Organograma da área técnica da Bosch de Braga (Bosch, 2013)

O presente projeto de dissertação foi realizado no departamento *BPS* (*Bosch Production System*). Este departamento é responsável pela gestão de projetos de inovação, higiene e segurança no trabalho, análise de risco de projetos e, finalmente, apoio na implementação e monitorização do *BPS* – o sistema de produção da Bosch.

### 3.6. Bosch Production System

A Bosch e todas as empresas internacionais estão atualmente confrontados com ciclos de desenvolvimento e tempo de vida de produtos sucessivamente mais curtos. Simultaneamente a variedade de produtos está a aumentar e os mercados estão-se a tornar mais voláteis.

Neste ambiente é crucial assegurar o crescimento e a rentabilidade através de uma boa flexibilidade para adaptar às exigências do mercado e reduzindo as necessidades de recursos.

De forma a atingir estes objetivos, foi criado o *BPS* em 2001, com a função de criar normas, suportar os colaboradores indiretos e promover a melhoria contínua. Os princípios, métodos e regras do *BPS* estão baseados na filosofia *lean* e, portanto, focam-se no estabelecimento de processos e metodologias sem desperdício que possibilitem um fluxo de material rápido e contínuo.

O *BPS* assenta em oito princípios gerais que servem de *guideline* no desenvolvimento de todos os subprocessos.

De seguida são explicados os princípios mencionados:

1. Princípio puxado: produzimos e fornecemos apenas o que o cliente quer;
2. Orientação dos processos: desenvolvemos e otimizamos os processos holisticamente, dado que qualquer interrupção nos fluxos de material e informação impossibilitam o produto de chegar ao cliente;
3. Flexibilidade: adaptamos os nossos produtos e serviços rapidamente às exigências do cliente;
4. Standardização: standardizamos os nossos processos e implementamos as melhores soluções;
5. Transparência: desenvolvemos processos intuitivos e sem desperdícios. Qualquer desvio da situação alvo é imediatamente detetada;
6. Melhoria Contínua: procuramos melhorar continuamente os nossos processos;
7. Responsabilidade pessoal: todos os colaboradores conhecem as suas responsabilidades e executam as suas tarefas independentemente;
8. Prevenção de defeitos: evitamos erros recorrendo a medidas preventivas.

## 4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO ATUAL

Este capítulo é composto por:

1. Uma explicação da necessidade da ferramenta de medição da taxa de implementação do controlo por consumo;
2. Um resumo da informação necessária para calcular a percentagem de implementação do controlo por consumo segundo as normas Bosch;
3. Uma análise da situação atual com recurso à apresentação de três *VSM's*;
4. Apresentação da sistemática atual de medição do nivelamento;
5. Apresentação da sistemática atual de rastreamento de produtos;
6. Uma síntese dos entraves encontrados para a medição do controlo por consumo.

### 4.1. Necessidade da ferramenta proposta

No início do projeto de dissertação a implementação do controlo por consumo era quase nula. Contudo, face aos indícios preocupantes de competitividade relativos aos mercados de sistemas de combustão e devido à grande ambição dos colaboradores, a Bosch tem agora o objetivo implementar e estabilizar cadeias de valor completamente geridas por controlo por consumo.

Desta forma, no decorrer do projeto de estágio, equipas multi departamentais apoiadas pelo *BPS* investiram recursos na qualificação de colaboradores, na resolução de entraves ao controlo por consumo e na implementação do controlo por consumo.

Consequentemente, a taxa de implementação do controlo por consumo está a aumentar, e, assim, é necessário criar indicadores de desempenho que avaliem o estado atual do controlo por consumo, através da elaboração de uma ferramenta capaz de medir este indicador.

Por esta razão foi proposta a elaboração de uma ferramenta de medição do controlo por consumo, representada na forma de um *bubble diagram*.

### 4.2. Informação necessária para o cálculo da implementação do controlo por consumo

Com o intuito de clarificar a informação necessária à determinação da taxa de implementação do controlo por consumo, observe-se o sistema produtivo representado na Figura 14, no qual o processo "Manual" é o *pacemaker*, não estando representados o fluxo de informação entre processos nem o armazenamento de material.

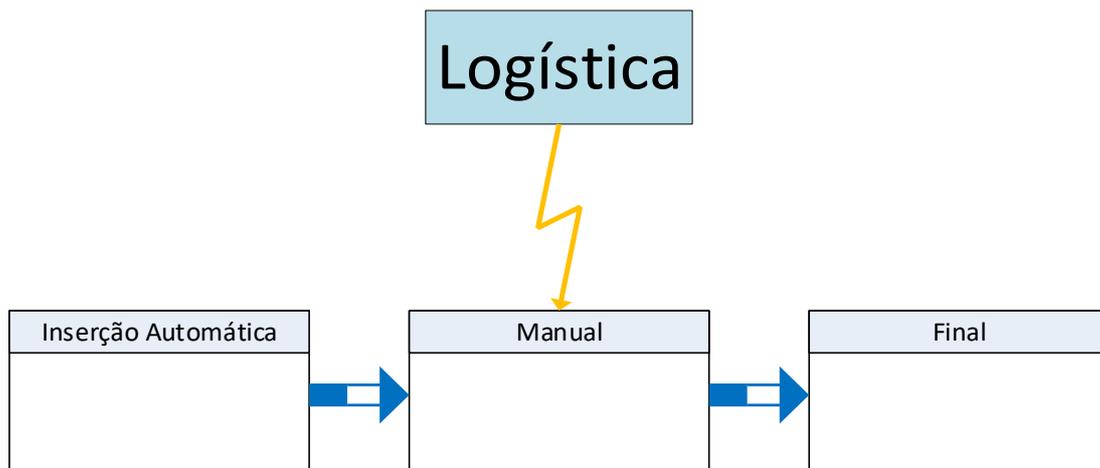


Figura 14 - Cadeia de valor incompleta

As normas Bosch para a implementação do controlo por consumo incluem fórmulas de cálculo das necessidades de *kanbans* em supermercado. Por sua vez, as fórmulas pressupõem a existência do nivelamento da produção.

Os colaboradores do departamento *BPS* concordam que o nivelamento da produção é indispensável pois é a previsibilidade introduzida pelo nivelamento que permite dimensionar supermercados diminuindo a probabilidade de falhas no abastecimento de produtos aos processos, pelo menos sem necessidade de recurso ao investimento em *stock* sobredimensionado. Considera-se *stock* sobredimensionado aquele que não é contemplado na fórmula “*RELOWISA*” apresentada no capítulo 2.

Então, para haver controlo por consumo no sistema produtivo apresentado como exemplo, é necessário que o plano de produção seja nivelado e transmitido ao *pacemaker*, como apresentado na Figura 15.

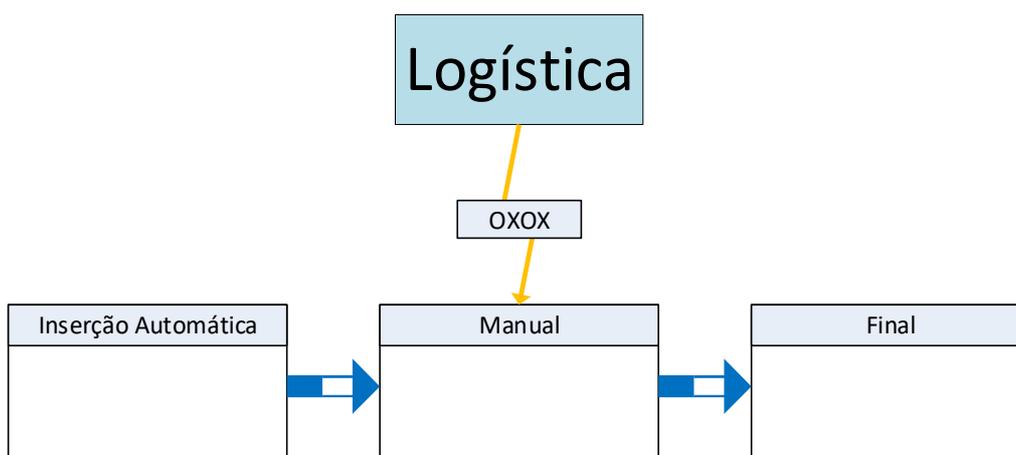


Figura 15 - Cadeia de valor com nivelamento do pacemaker

Assim, percebe-se que, para a medição da implementação do controlo por consumo, é necessário:

- 1) Conhecer os processos *pacemaker*;
- 2) Saber se o planeador da produção do *pacemaker* tem a qualificação e todas as condições para que nivele permanentemente os planos de produção.

Adicionalmente, como explicado no capítulo 2, importa garantir a transmissão da informação necessária ao *heijunka* para possibilitar a gestão dos *kanbans*.

Um dos termos da fórmula *RELOWISA* que implica gestão visual de *kanbans* no *heijunka* é o *SA2*, o qual consiste em *stock* armazenado para prevenir rotura do supermercado causado por flutuações do cliente não planeadas/previstas.

Para a gestão dos *kanbans* do *SA2*, é necessário acesso à informação do consumo dos clientes em tempo real, a qual é corretamente transmitida pela existência de um supermercado de produto final.

O objetivo atual do departamento *BPS* é estabelecer contacto com o primeiro supermercado dentro da fábrica do cliente. Contudo, caso se verifique que de momento este não é estabelecido, será ainda possível transmitir ao *heijunka* a informação do consumo do armazém de produtos finais localizado na Bosch em Braga. A Figura 16 apresenta o exemplo de um supermercado de produto final a libertar *kanbans* no *pacemaker*.

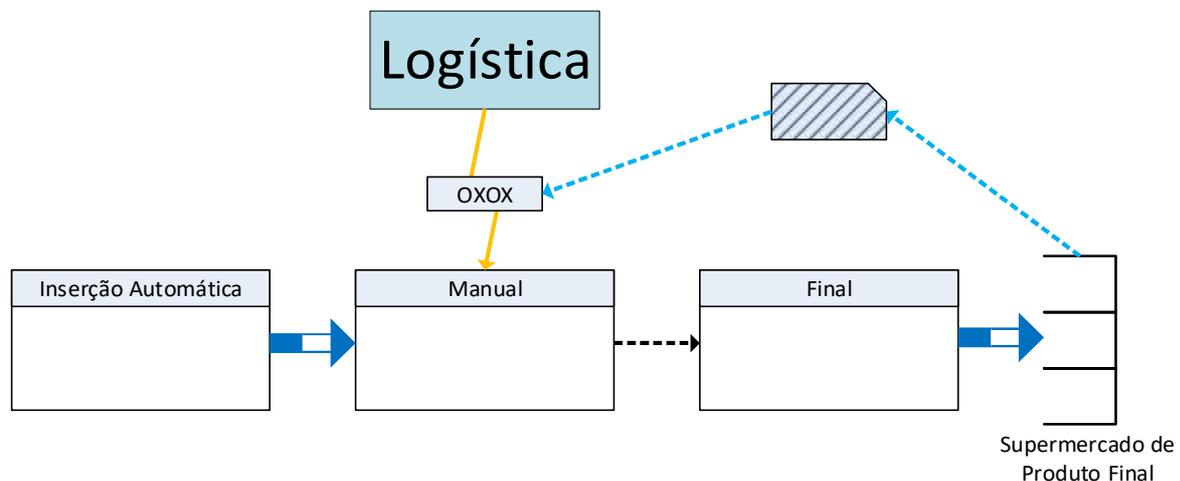


Figura 16 - Cadeia de valor com nivelamento e supermercado de produto final

De seguida, é necessário verificar se o fluxo de informação do controlo por consumo despoletado do *pacemaker* é transmitido aos restantes processos da cadeia de valor e se é esse sinal de produção que comanda o fluxo de material.

De modo a que isto aconteça, é necessário estudar o armazenamento existente entre processos, como será agora explicado.

A Figura 17 mostra como, recorrendo a um supermercado, o sinal nivelado enviado ao *pacemaker* (sob a forma de um plano de produção nivelado) é transmitido ao processo a montante.

Isto acontece, pois, à medida que o *pacemaker* cumpre o plano de produção nivelado, consome material do supermercado abastecedor. Quando este consumo ocorre, é libertado um *kanban* para a formação de lotes. Assim que um lote é formado, é transmitido o fluxo de informação para o processo abastecedor sob a forma de *kanbans* de produção que entram no *kanban chute*.

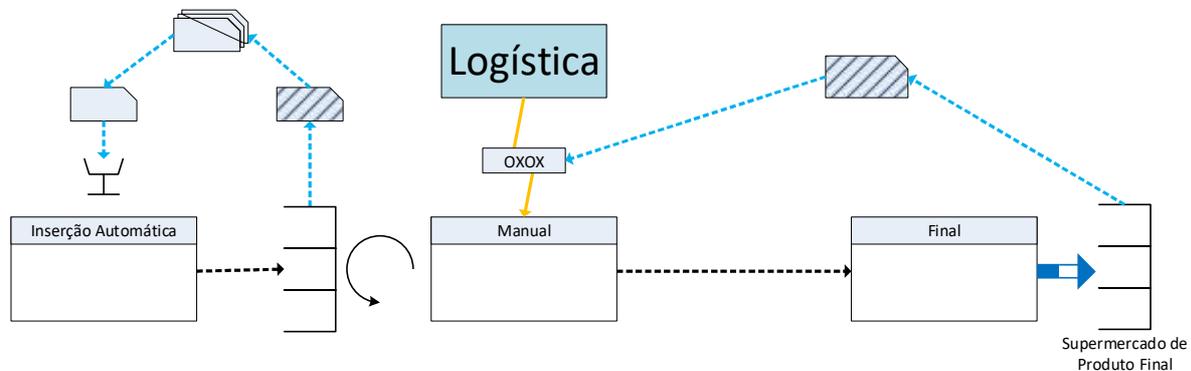


Figura 17 - Cadeia de valor com supermercado de produto intermédio

Na Figura 18 observa-se que o sinal de produção do *pacemaker* é transmitido ao processo a jusante com recurso a um *FIFO*, visto que é possível subentender a produção no processo *pacemaker* ao observar a sequência dos produtos no *FIFO*.

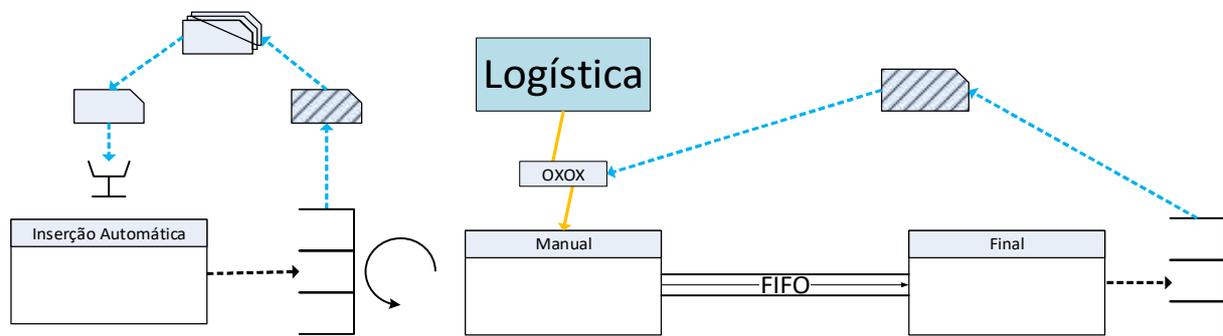


Figura 18 - Cadeia de valor com FIFO

Contudo, na Figura 19, na qual o *pacemaker* é abastecido por um *stock*, percebe-se que com recurso a *stock* não é possível a transmissão do fluxo de informação para os restantes processos da cadeia de valor.

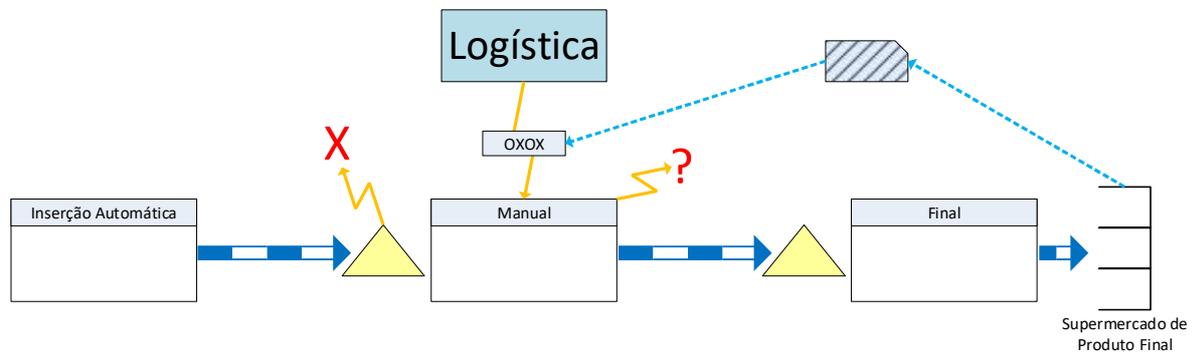


Figura 19 - Perda do fluxo de informação devido à existência de stocks

Com recurso a *stocks* controlados, seria ainda assim possível nivelar a produção e implementar o designado “*push leveling*”, representado na Figura 20.

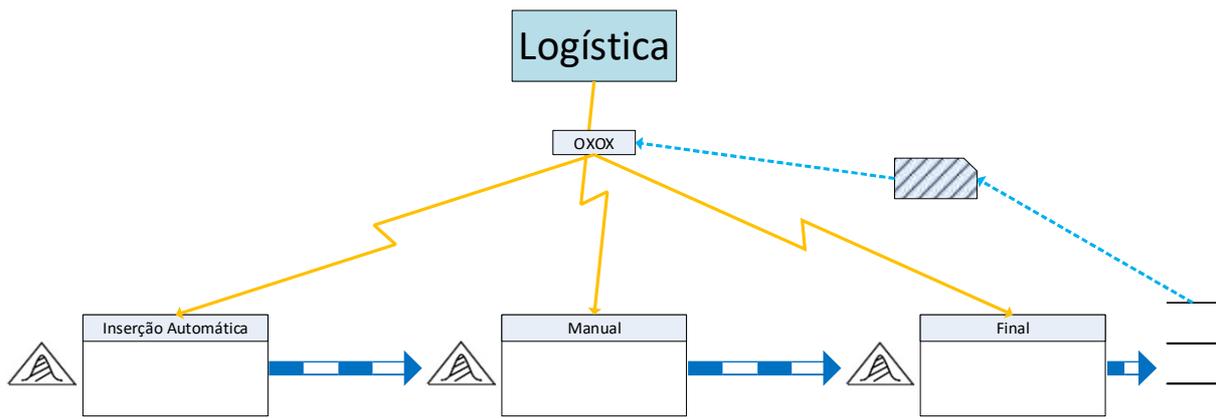


Figura 20 - Cadeia de valor com push leveling

Contudo, o objetivo do *BPS* é implementar o mais ambicioso controlo por consumo.

Assim, é possível compreender a necessidade de identificar se os processos da fábrica são abastecidos por supermercado, *FIFO* ou *stock* ou se, por outro lado, existe algum sistema informático que atualmente transmita a informação que seria transmitida pela existência de um supermercado ou um *FIFO*.

Adicionalmente, para calcular a taxa de implementação do controlo por consumo, é necessário determinar quais os processos que abastecem outros processos, de forma a determinar que ligações são estabelecidas entre processos, para que em sintonia com a informação do nivelamento e dos armazenamentos, seja possível determinar as ligações como “puxadas” e “empurradas”.

Assim, entende-se que é necessário rastrear os produtos da empresa. A lista de produtos a rastrear inclui pelo menos todos os produtos *runner* determinados por uma análise de Pareto.

Na Figura 21 está representada uma síntese da informação necessária, identificada neste subcapítulo, para o cálculo da taxa de implementação do controlo por consumo.

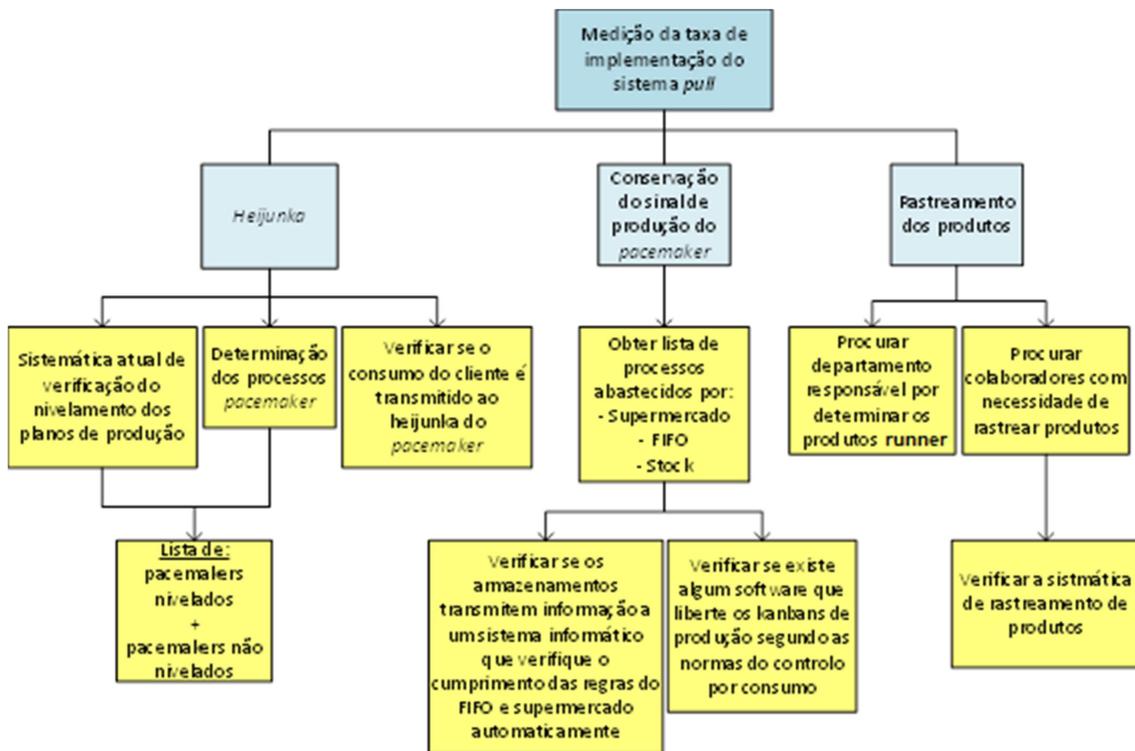


Figura 21 - Esquema representativo da informação necessária à medição da taxa de implementação do controlo por consumo

Finalmente, é explicado como vai ser recolhida a informação necessária.

Com recurso à elaboração de 3 *VSM*s pretendeu-se:

- 1) Compreender como está organizado o sistema produtivo para que seja possível elaborar um *bubble diagram* de forma a medir a implementação do controlo por consumo, correspondente à realidade.
- 2) Procurar no *gamba* fontes de informação que possibilitem o rastreamento dos produtos. Desta forma, vai ser analisado se os processos e armazenamentos observados no decorrer do mapeamento comunicam com alguma base de dados.
- 3) Verificar se o supermercado de produtos finais comunica com o *heijunka* do *pacemaker*.

Por contacto com o departamento de logística pretendeu-se:

- 1) Identificar os processos *pacemaker*.

- 2) Verificar a sistemática atual de determinação do cumprimento das normas Bosch do nivelamento aos planos de produção dos *pacemakers*.
- 3) Determinar, no momento da recolha da informação, que *pacemakers* são nivelados.

Finalmente, também foi estabelecido contacto com um colaborador responsável por comunicar com os clientes relativamente a reclamações de qualidade. Devido ao seu cargo profissional, o colaborador tem necessidade de rastrear produtos para identificar a origem dos problemas de qualidade.

Assim, foi-lhe questionada a sistemática de rastreamento de forma a avaliar se esta é viável para o rastreamento de todos os produtos *runner*. Uma síntese da sistemática de rastreamento é apresentada no penúltimo subcapítulo do capítulo 4.

### 4.3. VSM

Neste projeto de estágio foi elaborado o mapeamento de uma cadeia de valor (*CI1*) e o posterior *VSD*, no qual é planeado o estado futuro da cadeia de valor. Estes *VSM* e *VSD* são apresentados nos Anexo 3 e Anexo 4, respetivamente.

Os *VSM* e *VSD* de *CI1* foram elaborados neste projeto enquanto que os de *CC* e *CI2* foram construídos em conjunto com outros colaboradores Bosch.

#### 4.3.1. Fluxo de material entre o cliente e o cais de expedição

Nesta secção do sistema produtivo é mapeado o fluxo de material com início no cais de expedição da *Bosch*. O fluxo de informação que comanda este fluxo de material vai ser brevemente explicado no subcapítulo seguinte.

O material é expedido pelo cais 102 e pode ser enviado diretamente para o cliente (*CI2*), enviado para uma *crossdock* (*CC*), enviado para um armazém da responsabilidade do cliente (*CI1*) ou enviado para um armazém externo da Bosch (*CI1*). A Figura 22 apresenta uma porção dos três *VSM*'s desenvolvidos, nos quais estão exemplificadas as três possibilidades apresentadas.

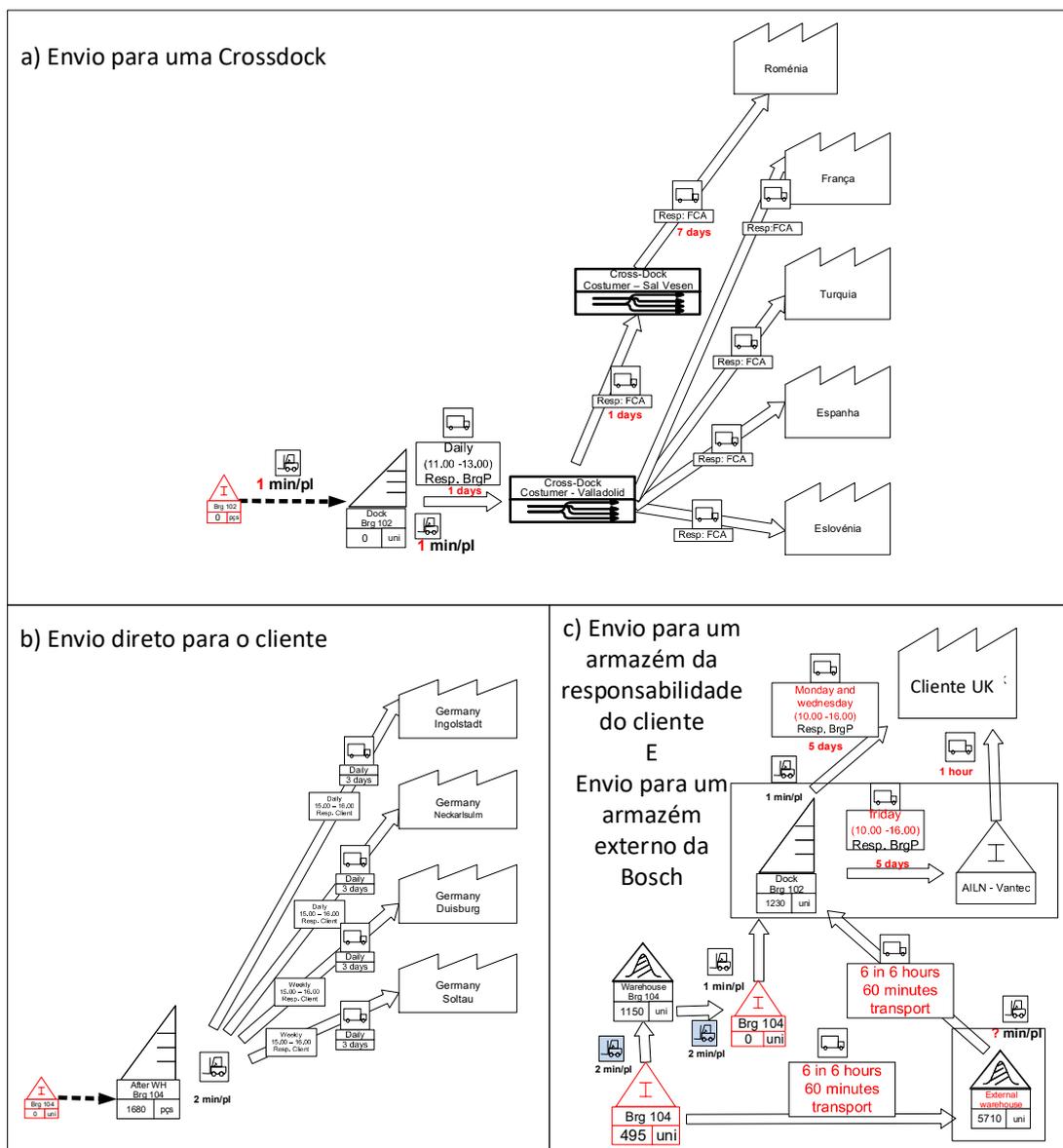


Figura 22 - Secção do VSM entre o cliente e o cais de expedição: a) CC; b) CI2; c) CI1

O meio de transporte utilizado é preferencialmente a via marítima para transportes intercontinentais e camião para transportes continentais. Caso exista risco de atraso na entrega, poderá ser estabelecido um envio especial por via aérea, o que acarreta um custo mais elevado.

#### Informação pertinente à medição do controlo por consumo:

Por contacto com colaboradores da logística foi obtida a informação de que os supermercados, entre o cais de expedição e o cliente, não comunicam com os *heijunkas* dos *pacemakers*. Desta forma, e também porque tal não é exigido nas normas *BPS*, entende-se que armazenamentos entre a Bosch e o cliente não necessitam de ser representados no *bubble diagram* de medição do controlo por consumo.

#### 4.3.2. Fluxos entre o cais de expedição e o armazém 102

Diariamente, é verificado em *SAP*, os camiões a abastecer e com que material. Esta informação, associada à experiência dos colaboradores, vai definir o que necessita de ser retirado do armazém e abastecido nos camiões nas 24 horas seguintes, especificado hora a hora.

Ao longo do dia, as necessidades de cada hora são transmitidas aos colaboradores responsáveis por recolher o material do armazém 102 e aos colaboradores responsáveis por abastecer os camiões.

Assim, o material é empurrado desde o armazém para um *stock* junto ao armazém. Quando há material nesse *stock*, este é transportado para o cais por um empilhador laborando sem trabalho *standard*.

Quando o material chega ao cais é depositado em local sem especificação prévia. Com o material no cais e a chegada de um camião, o fluxo de informação previamente exposto comanda o abastecimento dos camiões, representado na figura 23.

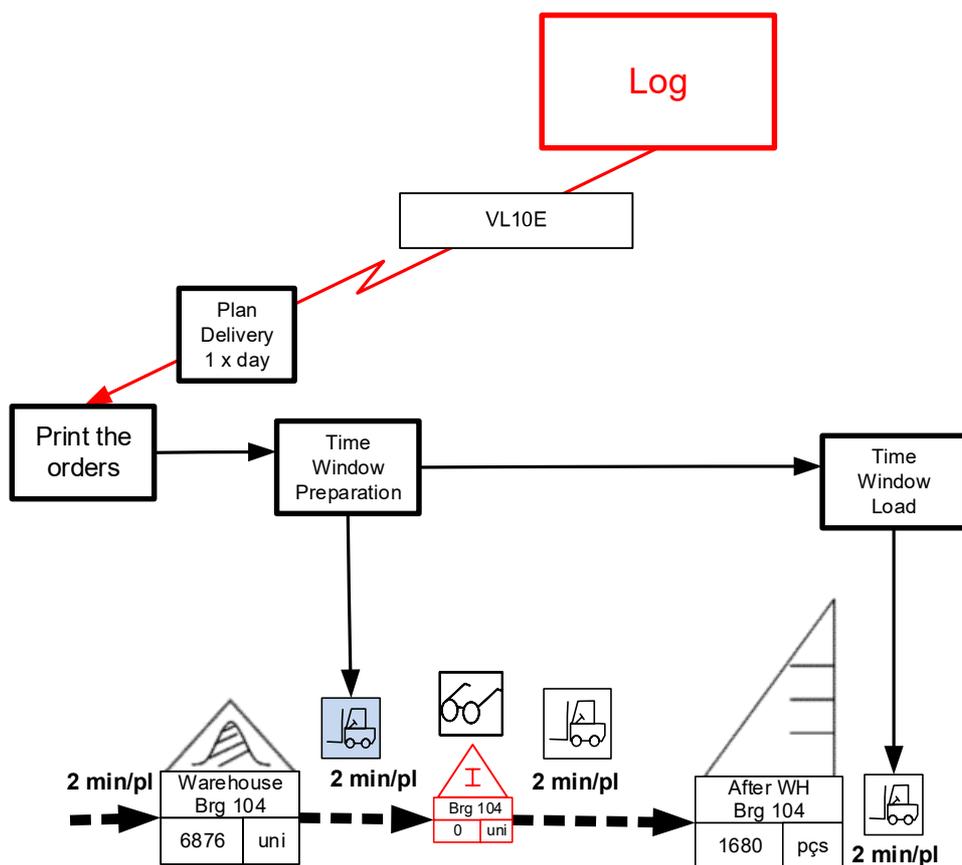


Figura 23 - Secção do VSM entre o cais de expedição e o armazém 102

Problemas identificados representados em *CIP (continuous improvement process) kaizens*:

- 1) Existe sobre processamento no fluxo de informação.

- 2) Falta de *5S* no cais de expedição.
- 3) Baixa produtividade resultante da falta de *5S*.
- 4) Não existe sistema puxado entre o armazém e a montagem final.

#### Informação pertinente à medição do controlo por consumo:

O fluxo de informação mencionado neste subcapítulo não é fornecido ao *heijunka* do *pacemaker*.

#### 4.3.3. Fluxos entre o armazém 102 e os processos de montagem final

Os processos de montagem final estão fisicamente acoplados à paletização. Quando uma paleta é completada, esta tanto pode esperar o transporte para o armazém 102 no local onde foi embalada ou pode ser transportada para um *stock* fisicamente próximo por um operador. Este transporte não está incluído no trabalho *standard do operador*.

De seguida, a paleta é transportada por *milkrun* para o armazém 102. Dependendo dos processos a abastecer, o *milkrun* poderá ter trabalho *standard*. O *milkrun* deve transportar paletes quando observa que elas estão terminadas.

A Figura 24 representa estes fluxos de informação e material.

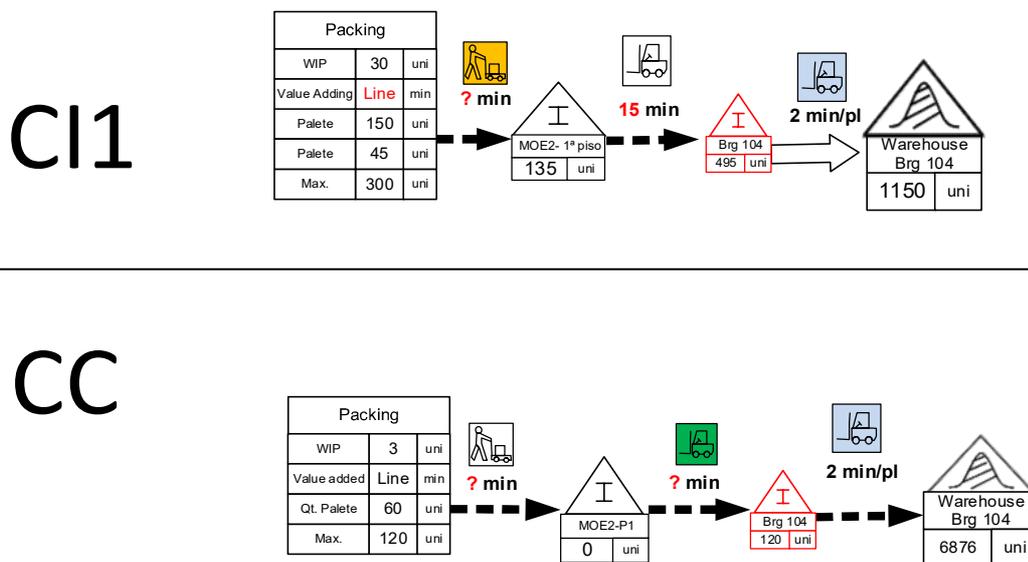


Figura 24 - Secção do VSM entre o armazém 102 e os processos de montagem final

#### Problemas identificados representados em *CIP kaizens*:

- 1) Quando a paleta é transportada para o *stock* junto à paletização, este transporte é realizado por um operador em atividades não incluídas nas suas funções *standard*.

- 2) Na cadeia de valor de *CI2* o *milkrun* opera sem conhecimento do seu trabalho/função *standard*.

#### Informação pertinente à medição do controlo por consumo:

Quando produto final é removido do armazém, as regras do controlo por consumo exigem que esta informação seja enviada ao *heijunka* do *pacemaker* pertinente. Contudo, tal não ocorre no armazém 102.

Por contacto com o departamento de logística, foi comunicado que a informação do material expedido é atualizada diariamente no início do primeiro turno, libertando *kanbans* do *SA2*.

Por ser necessário que o consumo de material do supermercado de produto acabado seja refletido no *heijunka* em tempo real, o controlo por consumo é de 0%. Contudo, dado que este facto enviesa o presente projeto de estágio e dado que existe atualmente um projeto para corrigir este problema, este facto será ignorado. Não obstante, o alerta deste problema crucial foi transmitido às chefias responsáveis para que o projeto de correção do problema seja finalizado com a brevidade possível.

#### 4.3.4. Fluxos dentro de MOE2

Neste subcapítulo são apresentados os fluxos de material e informação existentes desde o último armazenamento abastecedor do primeiro processo em *MOE2* até à paletização.

É o fluxo de informação dos clientes que despoleta o fluxo de material entre a *Bosch* e o cliente.

Os clientes, por *EDI*, enviam a previsão a longo prazo, uma encomenda fixa a médio prazo e um pedido de material diário.

Um dos resultados do fluxo de informação suprarreferido é a transmissão de planos de produção semanais ao *pacemaker*. Diariamente, é consultado o plano de produção semanal e são afixados os *kanbans* a produzir nos dois dias úteis seguintes, no designado quadro de *heijunka*.

O plano de produção é sempre entregue nos processos de montagem final. Contrariamente às normas do controlo por consumo, em algumas cadeias de valor, uma cópia do plano é enviada à montagem manual e a produção é comandada por esse plano.

Todos os processos de *MOE2* são abastecidos por um armazenamento fisicamente próximo do processo. Embora os produtos mapeados sejam abastecidos por um *stock* que abastece apenas um processo, em algumas cadeias de valor há *stocks* a abastecer múltiplos processos.

Em nenhum dos *pacemakers* mapeados é o plano de produção nivelado.

Nenhum dos produtos mapeados é transformado numa montagem manual. No caso de produtos que são transformados em montagem manual, o transporte é realizado para a montagem final por *milkruns* que cumprem um trabalho *standard*.

Na Figura 25 estão apresentados os fluxos de material e informação do produto de *C12*.

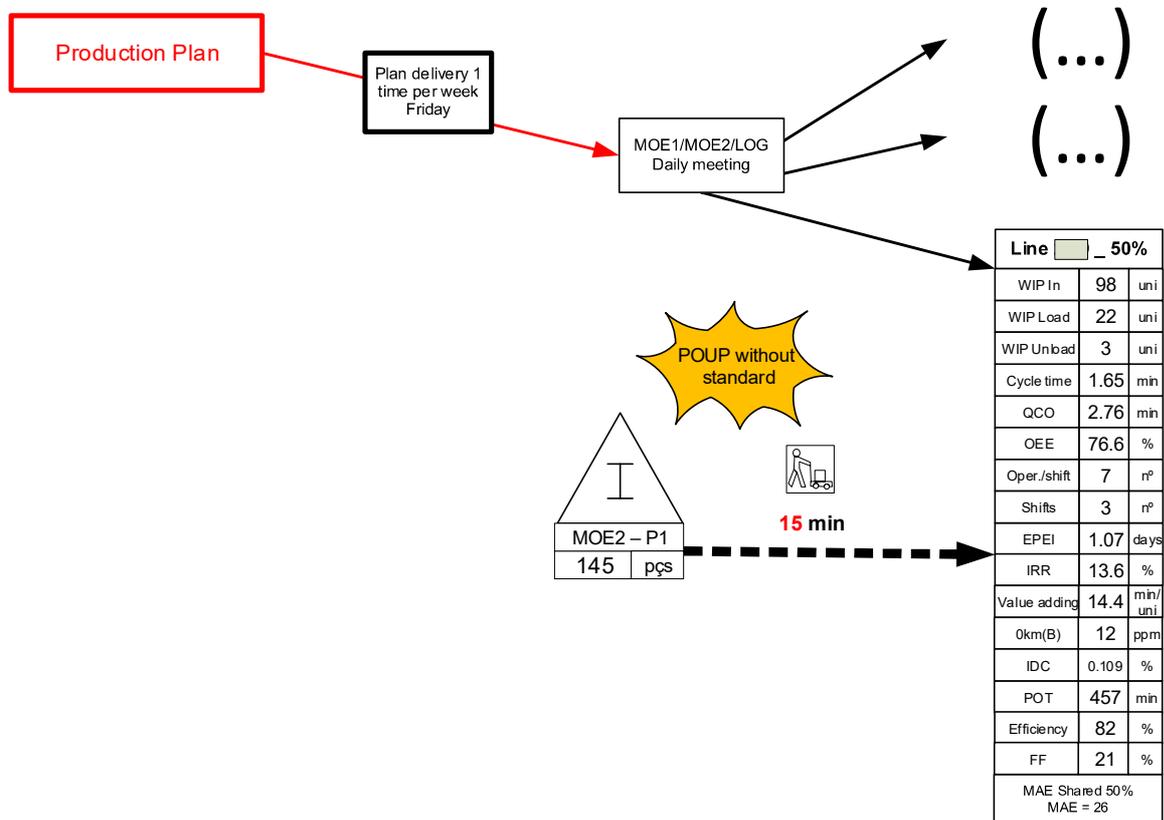


Figura 25 - Secção do VSM dentro de MOE2

Problemas identificados representados em *CIP kaizens*.

- 1) O plano de produção não é nivelado.
- 2) Falta de gestão holística de *milkruns*. Existe atualmente uma equipa responsável pela gestão dos *milkruns* de *PCB's* produzidos internamente e outra responsável por *milkruns* de matéria-prima.
- 3) As rotas dos *milkruns* não estão *standardizadas*.
- 4) Quando há transporte entre processos de *MOE2*, não é explícito o que o *milkrun* deve transportar.
- 5) Falta de *checkpoints* na rota do *milkrun*. Adicionalmente, a informação *checkpoints* não é utilizada para repor rotas em atraso dos *milkruns*.
- 6) Necessidade de aumentar a implementação de *5S*.

### Informação pertinente à medição do controlo por consumo:

- 1) A representação da ferramenta apenas deverá evidenciar processos de montagem final e montagem manual em *MOE2*. No momento da medição da taxa de implementação do controlo por consumo, algumas fresas haviam sido incorporadas na montagem manual de *MOE2*.
- 2) Não existe sistema informático nem registo dos armazenamentos que permita determinar automaticamente quais os processos abastecidos por supermercado ou FIFO.

Desta forma, na medição do controlo por consumo recorrendo a um *bubble diagram*, é esperado que o programa faça o mapeamento de um fluxo em *MOE2* similar ao da Figura 26, com a representação dos processos da cadeia de valor e os armazenamentos abastecedores desses processos.

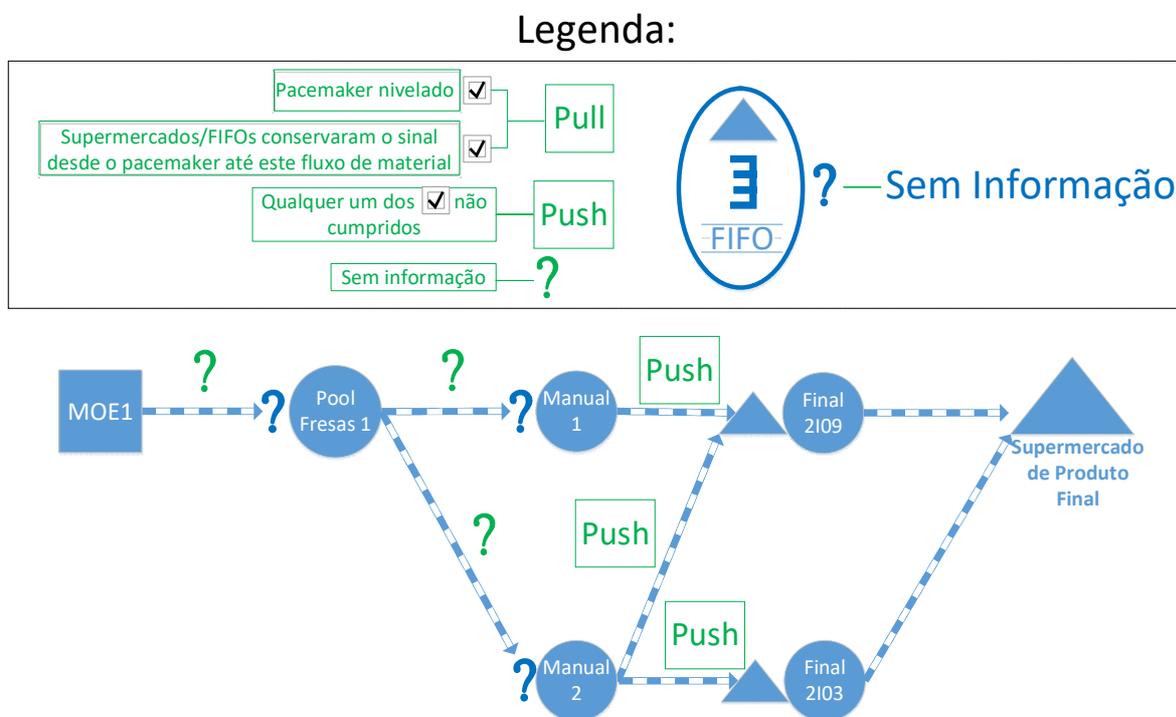


Figura 26 - Elementos da cadeia de valor a mapear de *MOE2*

#### 4.3.5. Fluxos entre *MOE2* e *MOE1*

Neste subcapítulo é apresentado o fluxo de material, desde o *stock* abastecido pelo último processo em *MOE1*, bem como o *stock* abastecedor do primeiro processo em *MOE2*.

A Figura 27 apresenta este fluxo de material.

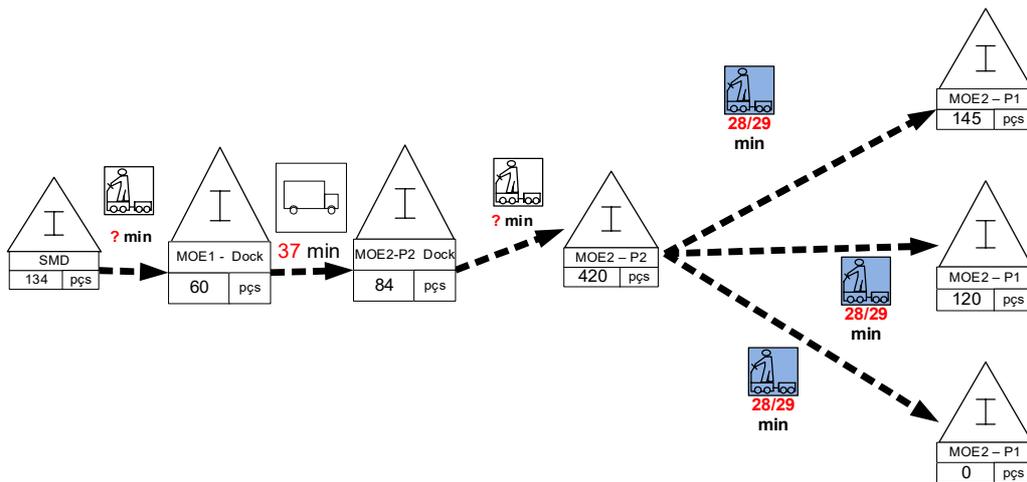


Figura 27 - Fluxo de material entre MOE1 e MOE2

O material é transportado por *milkrun* desde o *stock* abastecido pelo último processo em MOE1 até ao *stock* do cais 108. Os *milkruns* de *CC* e *CI1* laboravam de acordo com uma rota *standard* de duração 28 minutos. O *milkrun* de *CI2* laborava sem conhecimento do trabalho *standard*.

O material é depositado no cais 108 sem procedimento *standard*. O material é de seguida transportado por camião para o cais de MOE2.

O transporte por camião segue uma rota *standard*. No cais é indicado o horário de transporte entre dois cais e, no momento da sua saída, o camionista regista a hora com recurso a um *PDA*.

No cais é também visível a carga máxima, estipulada em contrato, que o camião pode transportar num só ciclo. A carga máxima são 12 carruagens e em todos os ciclos o camionista regista manualmente a quantidade transportada em suporte papel afixado no cais.

O material é depositado no cais de *MOE2* num local sem procedimento *standard*, e, de seguida, transportado para outro *stock* por *milkrun*.

Posteriormente, o material é empurrado para os *stocks* abastecedores dos primeiros processos em *MOE2*.

#### Problemas identificados representados em *CIP kaizens*:

- 1) Falta de *5S* em ambos os cais.
- 2) Falta de *standardização* das rotas dos *milkruns*.
- 3) Falta de controlo dos armazenamentos evidenciados pela existência de *stocks*. Adicionalmente, existem múltiplos *stocks* consecutivos.
- 4) Falta de *checkpoints* de *milkruns*. Os *checkpoints* existentes não estão associados a limites de reação.

#### 4.3.6. Fluxos dentro de MOE1

Neste subcapítulo são apresentados os fluxos de material e informação desde o *stock* abastecedor do primeiro processo até ao *stock* abastecido pelo último processo de *MOE1*.

Na Figura 28 estão apresentados estes fluxos para uma cadeia de valor.

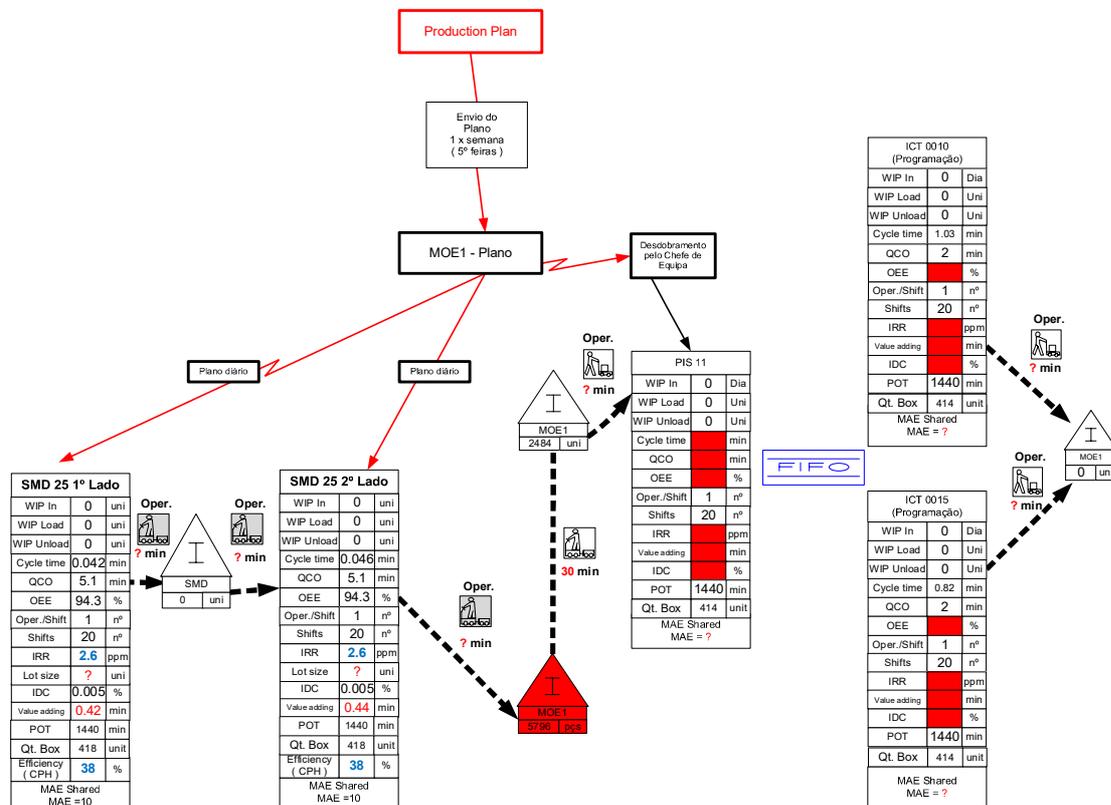


Figura 28 - Fluxos de material e informação de uma cadeia de valor em MOE1

Contrariamente ao que é exigido nas normas do controlo por consumo, o plano de produção é enviado ao *pacemaker*, bem como a um planeador de *MOE1*.

Com recurso a este plano, é criado um plano de produção por processo em *MOE1*, com o objetivo de se produzir todo o material que vai integrar o produto planeado na montagem final.

O plano de produção determinado em *MOE1* é inserido sob a forma de *kanbans* de produção num *software* designado "*SMC*", o qual está implementado em todos os processos de *MOE1*. Os colaboradores dos processos identificam o que produzir por consulta dos *kanbans* inseridos nesse *software*, sendo que o *software* apenas permite a produção definida no *kanban*.

A agregação de valor tem início nas *SMD's*. Os *PCBs* transformados são automaticamente inseridos em *containers*. Estes *containers* são posteriormente transportados por um operador para um *stock* fisicamente próximo.

Dependendo do *PCB* em questão, poderá ser necessário que o produto seja transformado uma segunda vez numa *SMD*. Nestes casos, o material utilizado é proveniente do *stock* anteriormente referido.

Dependendo do produto em questão, o *PCB* transformado na(s) *SMD*(s) é transportado por *milkrun* para o cais de *MOE1* ou para um outro processo em *MOE1*. O *milkrun* que transporta o material para outro processo em *MOE1* trabalha segundo uma rota *standard* de duração 30 minutos, ou, no caso de *CI2*, de duração 28,55 minutos.

No produto apresentado na anterior Figura 28, o produto foi transformado no processo “*PISI1*” e de seguida foi abastecido a um *FIFO* abastecedor de processos de *ICT*. O material é depois depositado no *stock* abastecido pelo último processo em *MOE1*.

#### **Problemas identificados representados em *CIP kaizens*:**

- 1) Longas distâncias entre processos.
- 2) Falta de *standard* para a requisição de matéria-prima para as *SMD*'s.
- 3) Falta de *FIFO* entre *SMD*'s.
- 4) Falta de *checkpoints* na rota dos *milkruns*.
- 5) Falta de informação nos processos de *PIS* (não há informação sobre dados importantes como por exemplo, o *OEE* e o tempo de ciclo).
- 6) O sinal de pedido de movimentação de material entre processos não é claro.
- 7) Diariamente é consumido tempo ao adaptar o plano semanal elaborado pelo planeamento a um plano diário com base no plano semanal, elaborado pelos chefes de linha.

#### **Informação pertinente à medição do controlo por consumo:**

- 1) Apenas em *MOE1* existem processos de inserção automática (*SMD*), *ICT*, *PIS*, *coating* e *laser* (gravação dos *Part-numbers* nos *PCB*'s). Como explicado anteriormente, no momento deste mapeamento as fresas situavam-se em *MOE1*, contudo, foram relocadas para *MOE2* antes da medição do controlo por consumo.
- 2) Todos os processos similares estão fisicamente próximos. Sempre que há precedência de processos, o *laser* precede a inserção automática (*SMD*), a qual precede a *PIS*, a qual precede o *ICT*, a qual precede o *coating* e o qual precede a fresagem.
- 3) Não existe sistema informático nem registo dos armazenamentos que permita determinar automaticamente os processos abastecidos por supermercado ou *FIFO*.

Desta forma, na medição do controlo por consumo recorrendo a um *bubble diagram*, é esperado que o programa mapeie um fluxo em *MOE1* similar ao da Figura 29, com a representação dos processos da cadeia de valor e os armazenamentos abastecedores desses processos.

### Legenda:

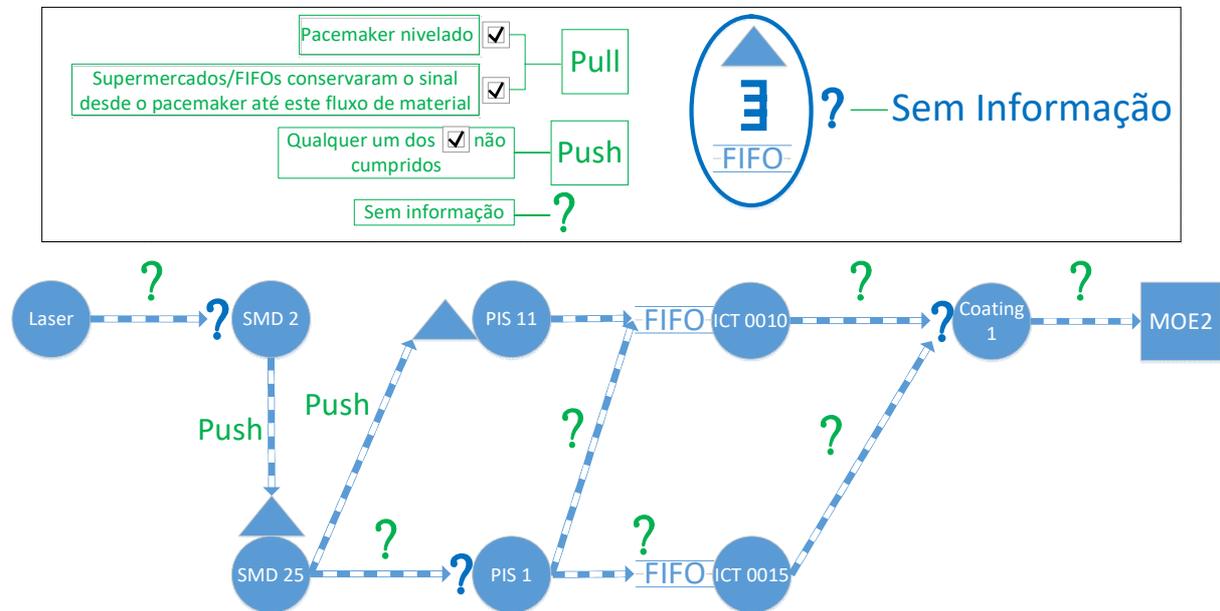


Figura 29 - Elementos da cadeia de valor a mapear de MOE1

#### 4.3.7. Fluxos entre a Bosch e o fornecedor

A Bosch envia ao fornecedor uma previsão a longo prazo, uma encomenda fixa a médio prazo e um pedido de material com uma semana de antecedência.

A Figura 30 representa esta porção do fluxo de informação entre o fornecedor e a Bosch.

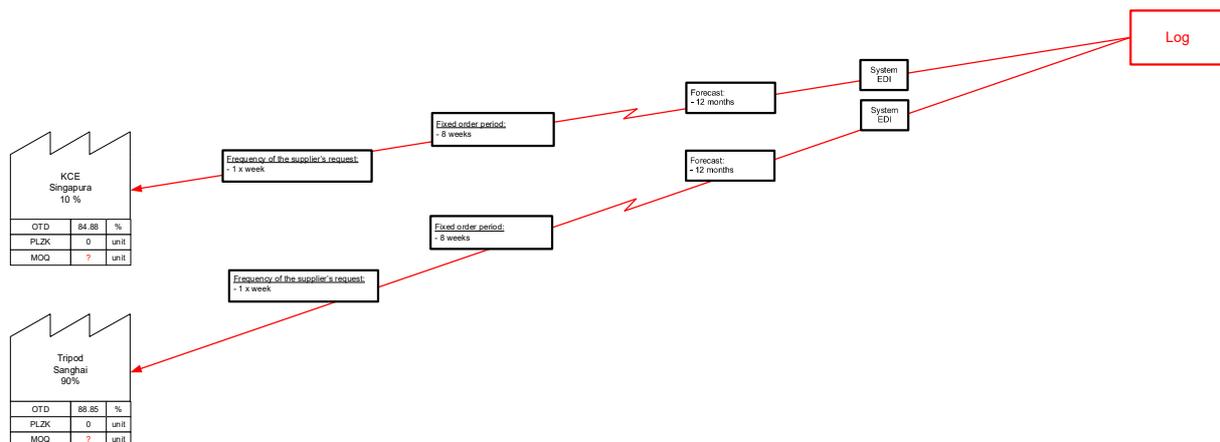


Figura 30 - Fluxo de informação entre o fornecedor e a Bosch

Assim, o fornecedor envia o material para a Bosch. Um exemplo deste fluxo de material está representado na Figura 31, para o produto de *CI2*.

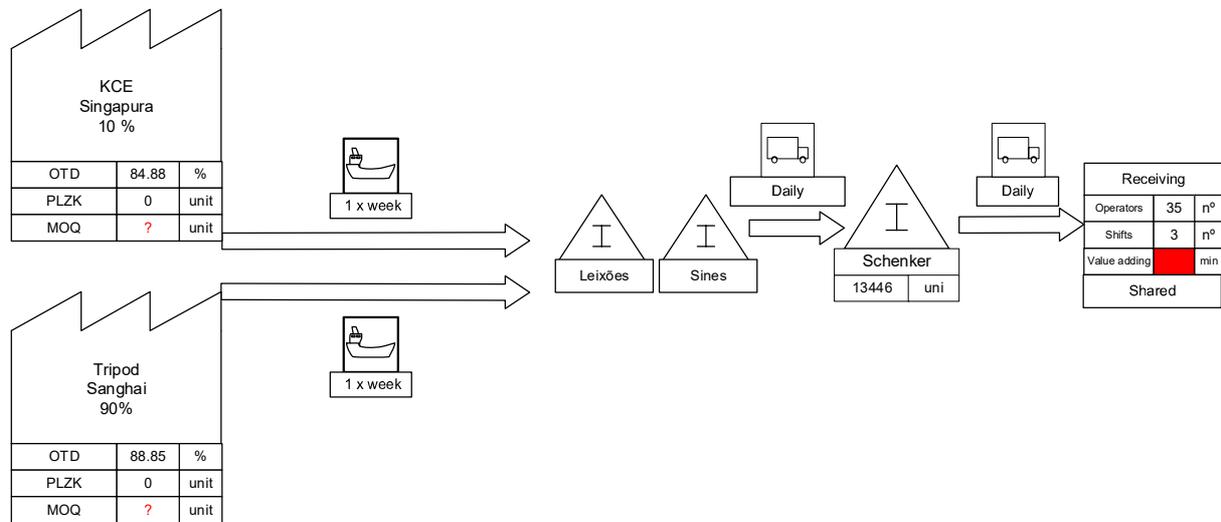


Figura 31 - Fluxo de informação entre o fornecedor e a Bosch

O material, chegado à Bosch, é empurrado para o armazém 102.

Em *MOE1* existe um armazenamento com mínimos definidos para cada material. Assim, quando o mínimo é atingido, é enviado um pedido de transporte desde o armazém 102 até *MOE1*.

Quando ocorre transporte, o material atravessa primeiro o processo de reembalamento, situado junto ao armazém mencionado. A Figura 32 representa estes fluxos de informação e material.

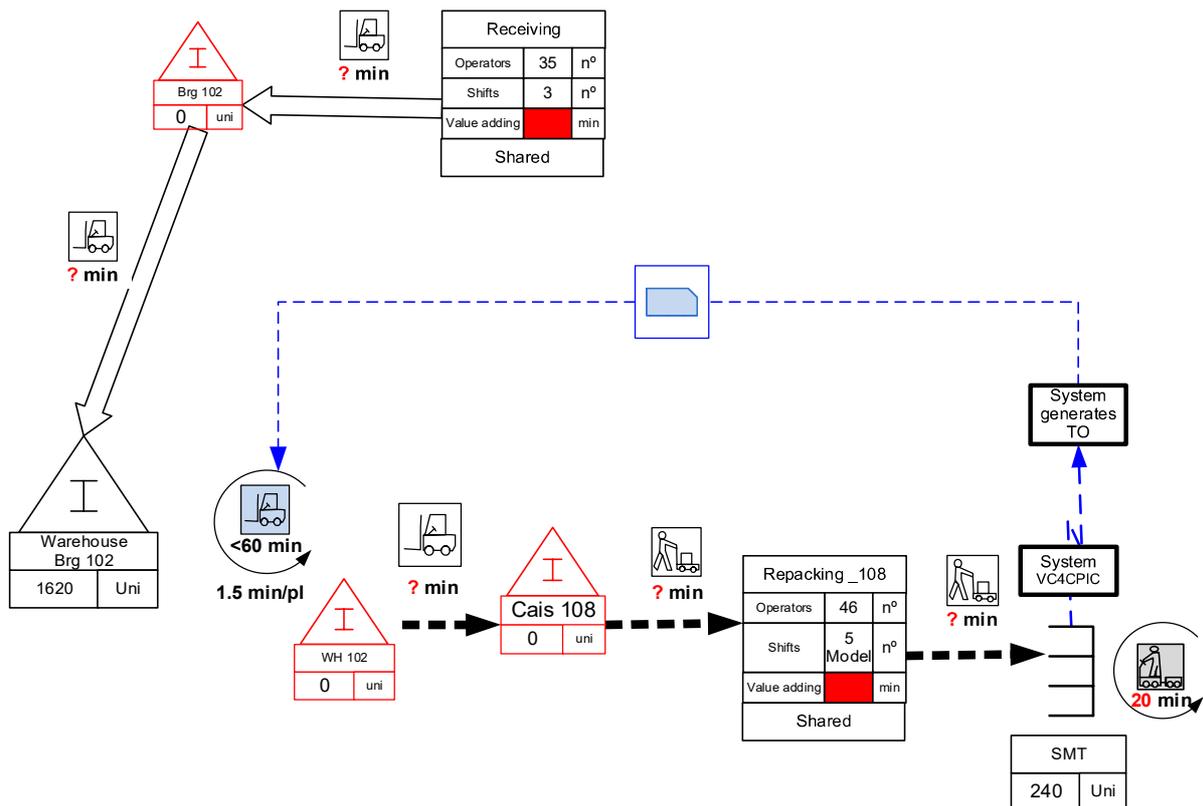


Figura 32 - Fluxos de informação e material entre a receção do material e o armazenamento em MOE1

#### 4.4. Sistemática de determinação do nivelamento do plano de produção

A verificação dos planos de nivelamento é atualmente obrigatória por estar entre os dados considerados nos *assessments* do cumprimento das normas *BPS*.

O departamento da logística foi contactado e transmitiu a informação de que atualmente a sistemática de verificação do nivelamento é uma prática manual, sendo todos os planos de produção verificados individualmente.

A verificação manual dos planos de produção consiste em analisar se, quando um produto é planeado, o *EPEI* dessa produção é respeitado com um desvio máximo de 10% da quantidade produzida e verificando se há cumprimento da sequência de produção.

Adicionalmente, é necessário verificar que o tempo de produção dedicado aos exóticos é, no máximo, 30% em cada dia.

De forma a clarificar a informação exposta, observe-se o seguinte exemplo representado na Figura 33.

É de realçar que os produtos *runner* são apresentados como do tipo “A” e os exóticos são apresentados como do tipo “B” e “C”.

1º Semana																
Referência	Tipo	Plano														
		Fixo	N.º Kb	Seq												
Referência 1	A	100		1			100		1			100		1		
Referência 2	A	200		2	200	2	200	2	200	2	150	2	200	1	200	1
Referência 3	A				300	1		300	1			300	1		300	2
Referência 4	C	100					100	3			200			3		

Figura 33 - Exemplo de um plano de produção

É possível observar que a referência 1 não nega o nivelamento do plano produtivo visto que produz sempre com *EPEI* de 2 dias na mesma quantidade, ou seja, não varia a quantidade produzida mais de 10% e esta é sempre produzida em primeiro lugar.

Por sua vez, a referência 2 produz 200 unidades +/- 10% com *EPEI* de 1 dia. Contudo, no penúltimo dia do período de nivelamento apenas produz 150 unidades, apresentando um desvio superior a 10% em relação à quantidade de 200 unidades.

Por observação dos dias da semana nos quais apenas são produzidas as referências 1 e 2, é possível verificar que a sequência de produção é desrespeitada no último dia do período de nivelamento.

Dado que no plano de produção do exemplo o desvio de 10% foi ultrapassado e/ou a sequência de produção foi desrespeitada, conclui-se que o plano de produção não é nivelado.

Na Figura 34 está representado o plano de produção do processo “2103”.

Linha: 2103			Semana:																				
Referência	Familia	Tipo	19/11/2018			20/11/2018			21/11/2018			22/11/2018			23/11/2018			24/11/2018			25/11/2018		
			Fixo	N.º Kb	Seq																		
02637204455D	AudiFPKC	A	192	4	1	192	4	1	192	4	1	144	3	1	144	3	1	144	3	1	144	3	1
026371603655M	K112 PU 0	C							182	6	3												
026372044655D	AudiFPKC	A	144	3	2	144	3	3	144	3	4	144	3	2	144	3	3	144	3	3	144	3	3
02637204329CB	AudiFPKC	C													6	1	2						
02637204445EF	AudiFPKC	C	600	10	3	540	9	4	240	4	5	600	10	3	600	10	4	480	8	3	480	8	3
02637310335EF	AudiFPKC	A																					
0263732007838		C				4	1	2															

Figura 34 - Plano de produção não nivelado

É possível determinar que o plano de produção não está nivelado por observação do primeiro *runner* apresentado. Este é produzido uma vez no início de cada dia, ou seja, o *EPEI* é 1. Nos primeiros 3 dias a quantidade produzida é 192. Desta forma, é esperado que a quantidade produzida no resto do período de nivelamento varie entre 173 e 211. A partir do quarto dia a quantidade produzida é inferior a 173 pelo que se conclui que o plano de produção não está nivelado.

Na Figura 35 é apresentado o plano de produção do processo “2109”

Linha: 2109			Semana																				
Referência	Familia	Tipo	22/07/2019			23/07/2019			24/07/2019			25/07/2019			26/07/2019			27/07/2019			28/07/2019		
			Fixo	N.º Kb	Seq																		
02637310335SD	AUDI FPI	A	120	2	4	120	2	5	120	2	3	120	2	4	120	2	6	120	2	3	120	2	3
02637310355EF	AUDI FPI	A	100	2	6	100	2	3	100	2	6	100	2	6	100	2	8	100	2	5	100	2	5
02637204445SD	AUDI FPI	A	96	2	1	96	2	1	96	2	1	96	2	1	96	2	1	96	2	1	96	2	1
02637204465SD	AUDI FPI	A	48	1	2	48	1	2	48	1	2	48	1	3	48	1	2	48	1	2	48	1	2
02637310365EF	AUDI B9	C				50	1	4															
0263731035BCB	AUDI FPI	C							6	1	5												
0263720444BCB	AUDI FPI	C										2	1	2									
02637201085SD	AUDI FPI	C													48	1	5						
0263720432838	DI FPK Q	C													4	1	4						
0263720433838	DI FPK Q	C													3	1	3						

Figura 35 - Plano de produção nivelado

Uma breve análise deste plano de produção nivelado a uma semana permite compreender que os produtos *runner* estão planeados todos os dias uma vez, ou seja, o valor do *EPEI* é 1. Em todos os dias a quantidade planeada é igual, ou seja, não apresenta desvio da quantidade produzida superior a 10%. Conclui-se, assim, que o plano de produção está nivelado.

#### 4.5. Sistemática de rastreamento de produtos

Por contacto com um colaborador que necessita de rastrear produtos foi obtida a informação de que a forma mais rápida de o fazer é utilizar um software designado "*MES Toolset*", o qual apresenta informação de diversas bases de dados.

Inicialmente é verificada a *BOM* do produto. A Figura 36 apresenta esta informação para o produto "0265019137".

Product Activities

Search Parameters

Product No: 0265019137 Serial No: 0001000 [Generate]

Product Tree (Double-Click for new Window)

Product	Serial	Module	Name	Assemble Time	Station	Dismantle
0265019153	3500000		LWS7.6.32_Renault			
8613302259	3407838		LWS7.6.32_2259	15.06.2019 23:00:30	ASY20_0040	Y
0000302259	190276	K	LWS7.6.32_2259	14.06.2019 09:26:43	L25_16_1	N

Figura 36 - Exemplo da função "Product Activities" do programa "MES Toolset"

Sabendo a *BOM* do produto final é possível procurar todos os produtos que o constituem individualmente e verificar informação como por exemplo, o processo onde são transformados e a quantidade de *serial-numbers* desse *part-number* produzida num determinado processo.

A Figura 37 apresenta um excerto dessa informação recorrendo à funcionalidade "*CycleTime Analyse*" do "*MES Toolset*" para o *part-number* "8613302259". Desta forma, é possível identificar os processos transformadores de todos os produtos, bem como a quantidade produzida e dia de produção em cada processo.

Adicionalmente, há informação relativa ao tempo de produção, bem como o desvio padrão, a média e a variância. Contudo, por contacto com o departamento *MFT* foi comunicado que parte desta informação foi introduzida manualmente visto que estas funcionalidades estão ainda em implementação.

■ CycleTime Analyse

Search Parameters

From: 01/07/2019 00:00 To: 31/07/2019 00:00  Show only slowest Station  Aggregate Double VTPIDs  Show only CycleTime Column

Product (%) 8613302259 Line (%) VTP (,) Long Period (days) 30

Product	Side Scanner	Side Inverted	SAP Side	Module No	Line ID	Station ID	VTPID	VTP Name	Quantity	L Quantity	Min	Median	L Median	Avg	L Avg	Limited	L Limited	Max	VTP Description
8613302259	NONE	False			L25	L25_16_1	11411	LAB11	120312	120312	35	37.50	37.50	44.29	44.29	38.74	38.74	1378.99	Label marking (first run)
8613302259	NONE	False			M1CE	MIL10_0003	10910	MIL10	59751	59751	3	17.99	17.99	21.93	21.93	20.65	20.65	1560	Milling station
8613302259	NONE	False			M1CM	M1CM_50_31	10910	MIL10	5755	5755	13	22.50	22.50	26.99	26.99	24.89	24.89	847	Milling station
8613302259	NONE	False			M1CN	TSPE_0001	145	TSPE	124652	124652	24	61	61	70.74	70.74	62.87	62.87	1211	Time Stamp Station Process End
8613302259	NONE	False			2F65	STL10_0065	10910	MIL10	30845	30845	9	425	425	431.12	431.12	413.92	413.92	1504	Milling station
8613302259	NONE	False			2F85	ASY20_8002	801	ASY20	15980	15980	7	16.99	16.99	20.21	20.21	18.94	18.94	908.99	Assembly Station 20
8613302259	NONE	False			2F85	2F85_50_32	10910	MIL10	32117	32117	12	16.99	16.99	20.53	20.53	19.13	19.13	1101	Milling station

Figura 37 - Exemplo da função "CycleTime Analyse" do programa "MES Toolset"

#### 4.6. Síntese dos entraves identificados para a medição do controlo por consumo

O método escolhido para desenvolver este subcapítulo foi apresentar novamente a Figura 21, complementando-o com a informação recolhida na análise crítica. À informação adicionada foi atribuído um número identificativo, para posteriormente explicar as decisões tomadas em consequência da informação recolhida.

A Figura 38 apresenta uma síntese dos entraves a resolver para desenvolver a ferramenta de medição do controlo por consumo.

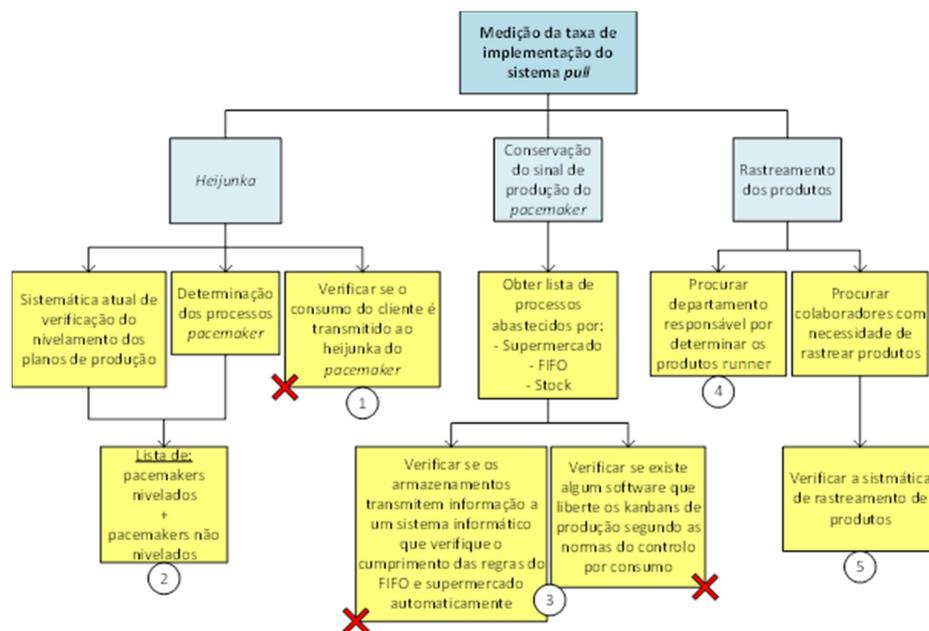


Figura 38 - Esquema representativo da informação necessária à medição da taxa de implementação do controlo por consumo atualizado pela informação recolhida na análise crítica da situação atual

## Número 1: Consumo do cliente transmitido ao *heijunka*

Durante o mapeamento dos produtos das três cadeias de valor da Bosch, houve a tentativa de identificar um supermercado de produto final desde a montagem final até à fábrica do cliente.

Atualmente o consumo de produto final não é transmitido em tempo real ao *heijunka*, criando risco de sobreproduzir um produto que o cliente final não está a consumir ou o risco de quebra de *stock* devido a consumo elevado do cliente.

Contudo, uma vez por dia, os planeadores dos *pacemakers* atualizam a informação do consumo dos clientes no *heijunka*.

Embora esta sistemática represente um incumprimento das normas do controlo por consumo, na medição com a ferramenta proposta de medição do controlo por consumo, vai ser pressuposto que o consumo do cliente é transmitido ao *heijunka* em tempo real.

## Número 2: Criação da lista de *pacemakers* nivelados

Inicialmente, por contacto com a logística, foram identificados os processos *pacemaker* e estudada a sistemática de verificação do nivelamento.

Identificar os processos *pacemaker* não apresentou dificuldades visto que esta informação já se encontrava disponível e atualizada.

Relativamente à verificação do nivelamento, foi transmitida a informação de que existe um *software* denominado “*Niv+*” com a capacidade de receber todos os *inputs* necessários ao nivelamento e automaticamente sugerir planos de produção nivelados.

Garantindo a utilização desta ferramenta seria possível assumir o nivelamento dos *pacemakers*. Contudo, por comunicação com planeadores da produção, foi obtida a informação de que os planos são planeados sem recorrer ao “*Niv+*” sendo introduzidos manualmente no “*Niv+*”.

Desta forma, foi necessário utilizar a sistemática manual anteriormente explicada para verificar o nivelamento dos planos de produção de todos os *pacemakers*. Sempre que se verificou o nivelamento dum *pacemaker* foi também verificado o plano de produção do período de nivelamento anterior para confirmar que o planeador é qualificado e habilitado para nivelar continuamente a produção.

Embora esta sistemática tenha sido usada neste projeto de dissertação, esta implica o investimento de muito tempo de um colaborador e desta forma não é ideal. Seria preferível que fossem utilizadas todas as funcionalidades do “*Niv+*”.

Por este motivo, neste projeto de dissertação, foi adicionalmente elaborado um *workshop* com 6 planeadores da produção de *MOE1* e *MOE2*.

O objetivo da *workshop* foi identificar os reais entraves ao nivelamento da produção e à utilização das funcionalidades do “*Niv+*” e definir tarefas que colmatem os problemas identificados.

### **Número 3: Transmissão do fluxo de informação fornecido ao *pacemaker***

Durante o mapeamento dos produtos foi verificado se existia algum sistema informático com a informação dos armazenamentos e foi também verificado se existe algum sistema informático que assuma o consumo dos armazenamentos consoante a produção dos processos e assim crie *kanbans* de produção consoante as normas do controlo por consumo.

Relativamente ao sistema informático dos armazenamentos foi possível observar que existe um *software* designado “*FIFO lane*” que contém a informação dos materiais armazenados. Contudo, no início do projeto de dissertação este programa estava em teste e no fim do projeto de estágio estava a ser iniciada a sua implementação em todos os armazenamentos da empresa.

Desta forma, não foi possível integrar a informação da base de dados deste *software* na determinação de *stocks*, supermercados e *FIFOs*. Contudo, esta possibilidade merece ser estudada e desta forma será proposta nos trabalhos futuros.

Relativamente ao sistema informático da produção, foi identificado um programa designado “*SMC*”. A licença de utilização desta ferramenta foi obtida pela Bosch com o objetivo de cumprir as normas do controlo por consumo e automaticamente libertar *kanbans* de produção em todos os processos. No entanto, este programa não cumpre as normas do controlo por consumo.

Contudo, atualmente apenas duas pessoas estão habilitadas para trabalhar no programa de modo a para compreender problemas peculiares que surgem e introduzir a imediata correção de forma a não comprometer o controlo por consumo.

Assim, conclui-se que este *software* não garante o controlo por consumo e não transmite a informação necessária para classificar os armazenamentos como *stock*, supermercado e *FIFO*.

Conclui-se, assim, que é necessário verificar presencialmente no chão de fábrica e por contacto com os responsáveis pelos armazenamentos as existências de *stocks*, *FIFOs* e supermercados.

Desta forma, a estratégia escolhida para recolher esta informação foi a criação de uma *checklist* com perguntas que permitam compreender os fluxos de informação e material em todos os processos e seus armazenamentos abastecedores diretos.

Desenvolvida a *checklist*, foi efetuado um *gemba walk* no qual foram contactados todos os chefes de linha de pelo menos um turno e, quando necessário, foram também contactados operadores, *milkruns* e *POUPs* (as pessoas responsáveis por transportar material dos supermercados para o bordo de linha).

A informação obtida nesta atividade foi posteriormente fornecida à ferramenta de medição do controlo por consumo de forma a determinar entre que processos ocorre a perda do fluxo de informação despoletada pelo *pacemaker* nivelado.

#### **Número 4: Identificação dos produtos *runner* a mapear**

A informação dos produtos *runner* da empresa foi fornecida por um colaborador do departamento *MFE2*. Esta informação serviu como *input* na ferramenta de medição do controlo por consumo.

#### **Número 5: Sistemática de rastreamento de produtos**

Foi contactado um colaborador com necessidade de rastrear produtos e foi-lhe questionada a sistemática de rastreamento de produtos.

Verificou-se que o rastreamento de produtos é feito produto a produto, num processo que requer o investimento de muito tempo. Deste modo, o rastreamento de todos os produtos *runner* segundo esta sistemática incorre no risco da informação se tornar desatualizada desde que se começa o rastreamento do primeiro produto até terminar de rastrear o último produto.

Assim, concluiu-se que é necessário criar uma ferramenta de rastreamento de todos os produtos *runner*. A ferramenta criada foi programada em *VBA Excel* e foi abastecida com a informação recolhida dos armazenamentos, *pacemakers* nivelados e com a informação da base de dados da produção em *Oracle*.

## 5. APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo apresentam-se sugestões de melhoria para corrigir as lacunas identificadas no capítulo anterior. Mais concretamente, neste capítulo vão ser discutidas propostas para a questão do nivelamento, determinação da conservação do fluxo de informação no controlo por consumo, roteamento dos produtos e melhorias específicas dos processos produtivos.

Nivelamento:

- 1) Determinação dos processos nivelados.
- 2) *Workshop* para determinar os entraves ao nivelamento e à utilização da ferramenta “*Niv+*” na perspetiva dos planeadores da produção.

Determinação da conservação do fluxo de informação no controlo por consumo:

- 1) Criação duma *checklist* com informação necessária à medição da taxa de implementação do controlo por consumo.
- 2) Recolha de informação com *gemba walk*.
- 3) Síntese dos fluxos de material e informação estudados no *gemba walk*.

Rastreamento dos produtos:

- 1) Apresentação das dificuldades encontradas.
- 2) Explicação dos pressupostos criados.
- 3) Explicação do algoritmo criado.

### 5.1. Nivelamento

#### 5.1.1. Determinação dos processos nivelados

Dada a necessidade do nivelamento para o controlo por consumo e como preparação para o *assessment* do *BPS* foi verificada a aplicação do nivelamento em todos os processos da empresa.

O resultado desta verificação vai ser uma entrada na ferramenta de medição do controlo por consumo dado que no nivelamento do plano de produção é viável aceitar que um plano de produção nivelado indica que o planeador tem qualificação e requisitos necessários para nivelar sistematicamente a produção (por exemplo número de peças por *kanban*, número de peças por palete múltiplo do número de peças por *kanban*).

Verificação da taxa de implementação do nivelamento:

A Figura 39 apresenta o resultado da análise efetuada.

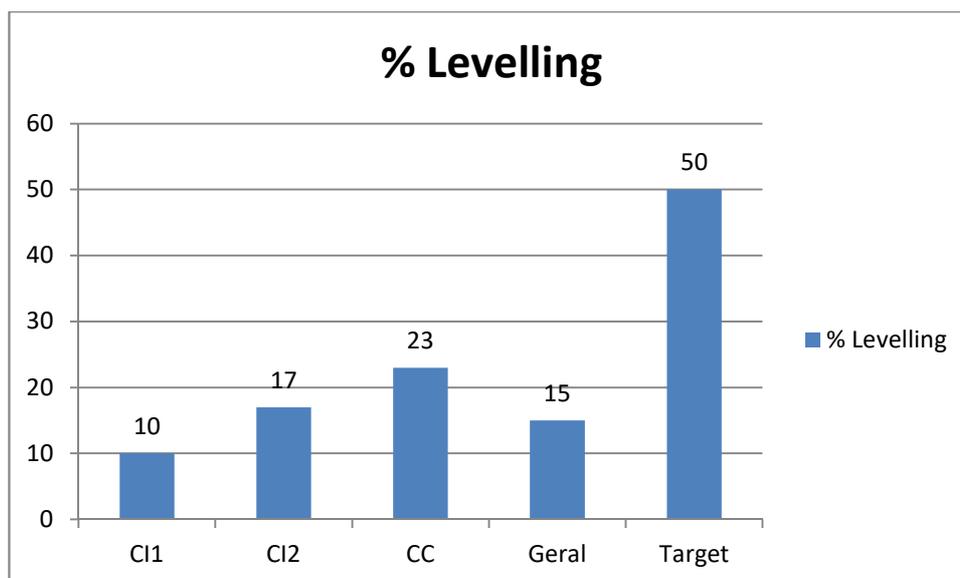


Figura 39 - Percentagem de processos com nivelamento por cadeia de valor

Em *CC* dois processos *pacemaker* são nivelados de um total de nove processos. Em *CI1* três *pacemakers* são nivelados de um total de 33 processos. Em *CI2* seis *pacemakers* são nivelados de um total de 36 processos.

#### 5.1.2. Workshop para identificação de entraves ao nivelamento

De forma a solucionar a falta de nivelamento da produção, neste projeto de estágio, foi tomada a iniciativa de organizar e coordenar uma *workshop* com o objetivo de clarificar e solucionar os entraves existentes.

O índice de conteúdos da *workshop* realizado foi: 1) partilhar o objetivo da *workshop*; 2) identificar os entraves ao nivelamento; 3) estruturar os entraves (representando numa árvore de problemas); 4) compreender as causas raiz dos entraves identificados e 5) definir tarefas com o intuito de resolver as causas raiz.

O objetivo da *workshop* foi inicialmente articular o conhecimento das normas Bosch sobre o nivelamento e esclarecer eventuais dúvidas que surgissem. Sucessivamente, identificaram-se os problemas experienciados em primeira pessoa pelos planeadores, investigaram-se as causas raiz e definiram-se tarefas para colmatar os problemas.

Numa segunda etapa foi feito um *brainstorm* no qual foram identificados 17 problemas, nomeadamente: 1) a capacidade calculada não está ajustada à realidade; 2) o tempo de atravessamento não é visível nem conhecido; 3) falta de informação sobre o *OEE*; 4) falta de informação sobre o tempo de ciclo; 5) falta de controlo sobre *stocks* de matéria-prima; 6) a reação a

flutuações dos processos produtivos não é ágil; 7) a regra de dedicar um máximo diário de 30% à produção de produtos exóticos não é cumprida; 8) o tamanho dos *kanbans* de produção não é múltiplo do tamanho das paletes; 9) a reação a flutuações dos clientes não é ágil; 10) falta recorrente de *PCB's*; 11) falta de comunicação entre departamentos; 12) falta de comunicação dentro dos departamentos; 13) capacidade diferente aos fins-de-semana; 14) o planeamento não é executado com base nos tempos de ciclo; 15) o *stock* definido não é baseado nas flutuações dos clientes; 16) a flutuação do cliente não é analisada e 17) não existe informação sobre o tempo de mudança de produto na linha entre os diversos produtos produzidos.

A Figura 40 apresenta o *brainstorm* realizado.

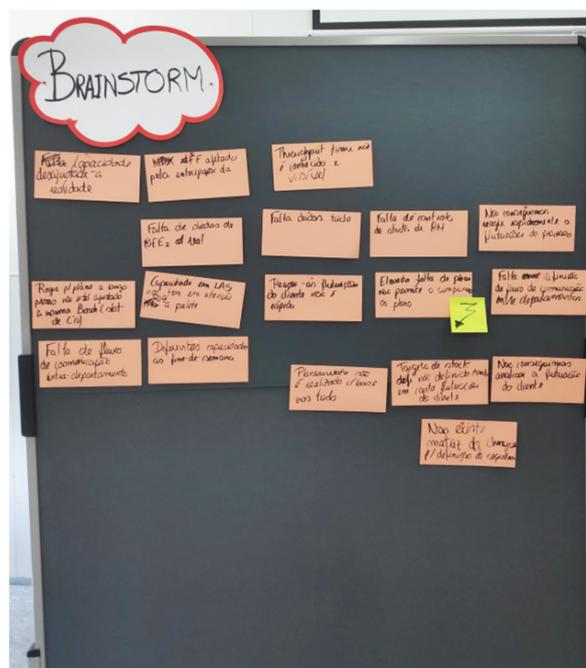


Figura 40 - Brainstorm dos entraves ao nivelamento dos planos produtivos

Na terceira etapa analisaram-se todos os problemas identificados para filtrá-los. Os problemas identificados devem ser concretos, expostos na negativa, sustentados na realidade e curtos.

Foi possível filtrar alguns problemas e paralelamente reformular outros, obtendo como resultado 14 problemas: 1) falta de informação sobre o *OEE*; 2) falta de informação sobre o tempo de ciclo; 3) falta de matéria-prima; 4) a regra de dedicar um máximo diário de 30% à produção de produtos exóticos não é cumprida; 5) o tamanho dos *kanbans* de produção não é múltiplo do tamanho das paletes; 6) falta duma matriz de qualificação; 7) capacidade diferente aos fins-de-semana; 8) o planeamento não é executado baseado nos tempos de ciclo; 9) o *stock* definido não é baseado nas flutuações dos clientes; 10) a flutuação do cliente não é analisada; 11) não existe informação sobre o tempo de mudança de produto na linha entre os diversos produtos lá produzidos; 12) não existe quadro *heijunka* onde se

possa observar o *stock* determinado pelo fator *SA* da fórmula *RELOWISA*, observar o *backlog* e o *backflow*, 13) capacidade ocupada por amostras é superior a trinta por cento da capacidade total e 14) falta de embalagens retornáveis.

A Figura 41 apresenta as ideias resultantes da filtragem efetuada.

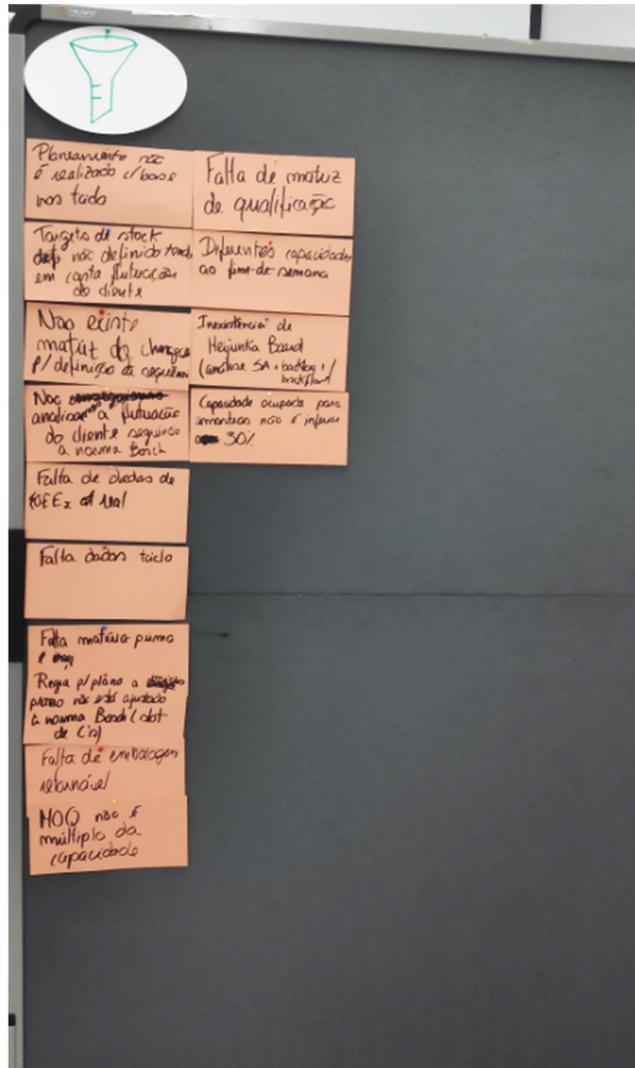


Figura 41 - Problemas resultantes da filtragem efetuada

A quarta etapa incluiu estruturar os problemas da terceira etapa numa árvore de problemas, apresentada nas Figura 42 e Figura 43, para que seja possível perceber a relação dos problemas, de forma estabelecer os que deverão ser resolvidos com maior prioridade. Os problemas representados a preto constituem problemas causados pelos problemas a rosa.

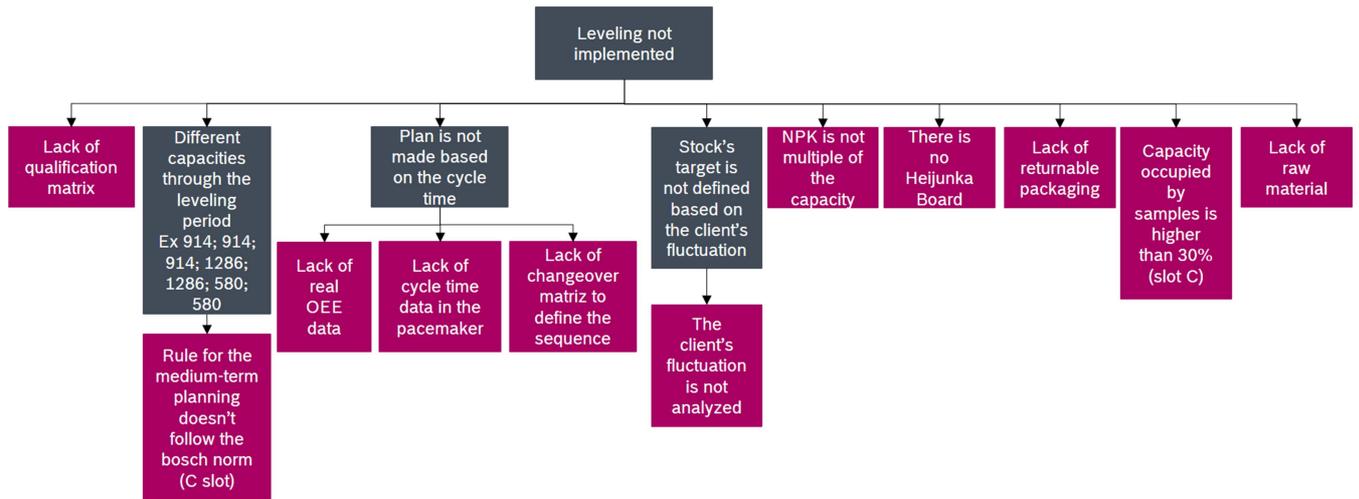


Figura 42 - Árvore de problemas esquematizada



Figura 43 - Fotografia da árvore de problemas efetuada na workshop

Recorrendo a esta árvore é possível entender, por exemplo, que para resolver o problema 7) o planeamento não é executado baseado nos tempos de ciclo é preciso resolver os problemas 1), 2) e 10).

De seguida, na quinta etapa, identificaram-se 4 causas raiz recorrendo à ferramenta 5 porquês, nomeadamente: 1) falta duma matriz de qualificação; 2) o cliente faz pedidos de acordo com o MOQ (*minimum order quantity*); 3) falta de uma ferramenta de análise das flutuações dos clientes; 4) não existe *standard* de requisição de amostras.

Nesta fase já foi possível definir tarefas para colmatar problemas identificados, estruturados sob a forma de uma *Open Point List (OPL)*, apresentada na Figura 44 – foi definida a causa, a ação a tomar, o responsável pela ação, a data limite para o cumprimento da ação.

Cause	Action	Responsible	Due Date
1	Define the qualification matrix	Team Leaders LOP	31/07/2019
	Define the standard for the medium-term leveling	LOP1	30/11/2019
2	Define the process confirmation for the leveling	LOP1	31/12/2019
3	Global IT Alignment Project	MFD	31/12/2019
4	Analyze the possibility to fix the leveling period on 2 weeks when NPK is misaligned	30	30/09/2019
	Parameterize in SAP the needed time for anticipation of production	MOE14	30/09/2019
6	Create a tool to calculate the SA2	LOP1	30/09/2019
	Develop a standard for the supermarket calculation	LOP1	31/08/2019
7-9	Ask to each identified department the root cause for the lack of data	BPS	23/07/2019
10	Define a standard for the samples request	MFE-COS+ COS-P	31/12/2019
11*	Define a standard for the short-term leveling	tbd	tbd

Figura 44 - Open Point List (OPL) definida na workshop

## 5.2. Verificação do cumprimento do controlo por consumo

### 5.2.1. Checklist de informação para medição da taxa de implementação do controlo por consumo

A sistemática criada para estudar o armazenamento abastecedor de todos os processos da empresa foi a criação de uma *checklist* com perguntas que permitam mapear os fluxos de material e informação, desde o fluxo de informação enviado ao *milkrun* abastecedor do armazenamento abastecedor até o produto acabar de ser transformado neste.

A Figura 45 apresenta a informação inquirida na *checklist*.

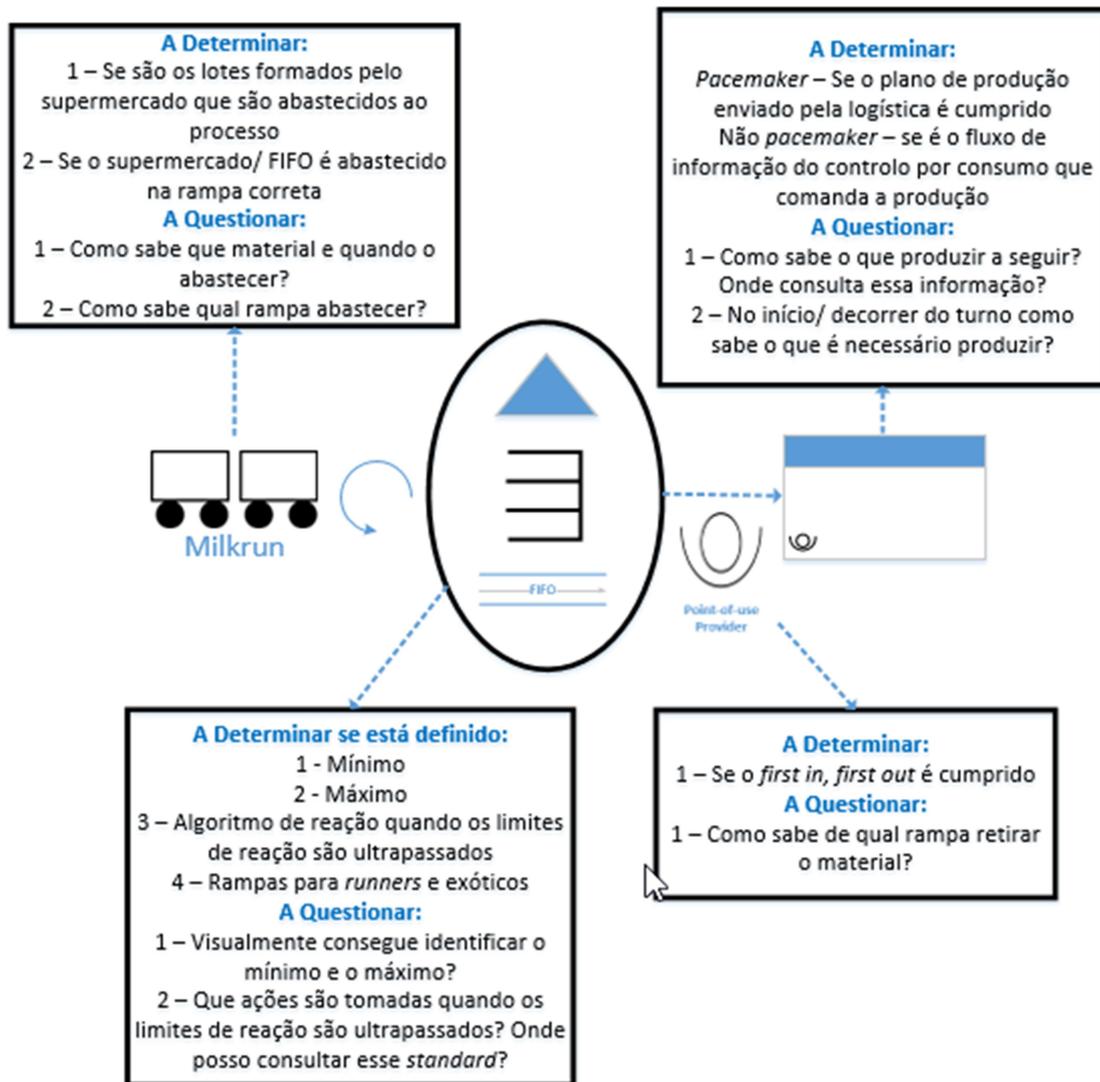


Figura 45 - Checklist de informação a recolher nos processos produtivos

Sabendo os fluxos de material e informação é possível determinar se um processo é abastecido por supermercado, *FIFO* ou *stock* descontrolado.

Condições necessárias para um armazenamento ser considerado supermercado:

1. Rampas específicas para produtos *runner*.
2. Mínimo.
3. Máximo.
4. Algoritmo de reação.
5. Os lotes de kanbans formados e enviados a outros processos comandam a produção.

Condições necessárias para um armazenamento ser considerado *FIFO*:

1. Máximo.
2. Algoritmo de reação.

### 3. Cumprimento do *FIFO* pelo *POUP* e *milkrun*.

#### 5.2.2. Gemba walk

Elaborada a *checklist* foi realizado um *gemba walk* por todos os processos da empresa. De seguida, para cada tipo de processo existente na empresa, vai ser apresentado um resumo da informação recolhida.

O funcionamento dos processos produtivos varia de processo para processo, contudo, é possível identificar fatores comuns em toda a empresa.

#### Verificação dos processos produtivos:

A determinação do *kanban* de produção que o operador da linha deve produzir a seguir revelou elevada variedade entre processos da fábrica.

Os processos de montagem final recebem um plano produtivo do planeador da logística. Este plano pode ser introduzido num *software* designado *SMC* ou transformado em *kanbans* de produção e afixados num quadro *heijunka* junto ao processo.

Nos processos de pré-montagem/manual, o chefe de linha verifica os planos de produção dos processos da montagem final que eles abastecem. Sabendo as necessidades de produto final identificam que placas são necessárias abastecer e introduzem-nas manualmente no *SMC* ou no quadro *heijunka* sob a forma de *kanbans* de produção.

Os processos de *bonding*, à exceção de três linhas, não recebem plano de produção. O chefe de linha verifica regularmente as existências dos *stocks* dos processos de colagem (que são os processos a jusante na cadeia de valor) e produzem para encher esse armazenamento.

Os processos de colagem não recebem plano de produção. Em alguns processos os chefes de linha verificam o plano de produção da montagem final, identificam os *displays* necessários e produzem de acordo. Noutros processos, o chefe de linha verifica as existências de *stock* a montante e jusante da colagem e decidem o que produzir por conhecimento empírico.

Os processos de fresagem podem ser planeados de três formas diferentes, a saber:

1. Verificar planos de produção das montagens finais e manuais e identificar que placas são necessárias fresar. As necessidades são transformadas em *kanbans* de produção e afixados num quadro de nivelamento.
2. O chefe de linha verifica as existências de *stock* e fresa de forma a evitar roturas de *stock*.
3. Em algumas fresas as placas são transportadas para jusante em caixas reutilizáveis. Nestas situações, as placas são fresadas sempre que há caixas disponíveis. O número limitado

número de caixas disponíveis por produto permite reduzir a sobreprodução de cada *part-number*.

#### Abastecimento de material aos armazenamentos:

Relativamente ao abastecimento de material pelo *milkrun*, foram identificadas quatro possibilidades, nomeadamente:

1. O *milkrun*, quando vê material parado, empurra-o para o processo em análise/ a jusante.
2. O *software* designado *KPP* automaticamente envia *kanbans* de transporte para os *PDA's* dos *milkruns*. O *KPP* faz requisição do material planeado como necessário para a produção das 3 horas seguintes.
3. Os chefes de linha introduzem manualmente no *KPP* os pedidos de material. Este pedido é visível nos *PDA's* dos *milkruns*.
4. Operadores ou chefes de linha oralmente pedem material aos *milkruns*. Nestas situações os *milkruns* registam o pedido no *PDA*.

A Figura 46 apresenta uma síntese do tipo de abastecimento encontrado por tipo de operação.

	Montagem Final	Pré-Montagem	Fresagem	Bonding	Colagem	Processos em MOE1
1	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X			X
3	X		X			X
4	X	X	X			

Figura 46 - Síntese da informação recolhida do abastecimento de material pelo *milkrun*

#### Verificação dos armazenamentos:

Os armazenamentos da Bosch, apresentam, por norma, rampas dedicadas para os produtos *runner*. Esta regra admite exceção quando a sobreprodução causa a sobrelotação das rampas que devem ser abastecidas.

Adicionalmente, com exceção dos processos das cadeias de valor onde se está a implementar o controlo por consumo ou onde este foi recentemente implementado, na maioria dos processos da empresa os armazenamentos não apresentam mínimos, máximos nem algoritmo de reação, e por isso são considerados *stocks* apesar de haver rampas dedicadas aos produtos *runner*.

Nos processos abastecidos por *FIFOs*, existe gestão visual que indica em que rampa o material deve ser abastecido e de onde deve ser retirado. Contudo, a exatidão da gestão visual depende da

gestão dos operadores e dos *milkruns*. Desta forma, nos *FIFO*s observados não é garantido que a regra *FIFO* é sempre cumprida.

### 5.3. Rastreamento dos produtos

#### 5.3.1. Dificuldades encontradas

No início do projeto de estágio o departamento não tinha considerado utilizar as bases de dados da produção em *Oracle*, disponibilizadas pelo departamento de *MFT*, para fazer o rastreamento dos produtos da empresa. Consequentemente, a fase inicial do projeto caracterizou-se pelo contacto com múltiplos departamentos na procura de uma fonte de informação que possibilitasse o rastreamento dos produtos.

Desta forma, foram identificadas duas possibilidades: utilizar *flowcharts* disponibilizados ou utilizar a informação em folhas de Excel necessárias para efetuar o cálculo de capacidade dos processos disponibilizadas pelo departamento *MFE*. O objetivo era criar um algoritmo em *Excel* que, recorrendo a esta informação para rastrear os produtos, calculasse a implementação do controlo por consumo.

Ambos os métodos foram iniciados, mas revelaram-se extremamente morosos e continham informação desatualizada. Concluiu-se que não eram fontes de informação viáveis e como consequência estas possibilidades foram excluídas.

Deu-se continuidade à procura de uma fonte de informação. Finalmente, contactou-se o departamento *MFT*, que tem acesso à base de dados da produção em *Oracle*. Após um estudo da informação disponível, concluiu-se que a mesma permitia o rastreamento dos produtos se fosse conjugada com a *BOM* dos produtos.

Assim, foi requisitado o acesso à informação. Contudo, devido ao risco de criar atrasos na comunicação entre a base de dados e as máquinas da produção, o acesso a este grande volume de informação foi temporariamente restrito, havendo necessidade de envolver contactos com as chefias.

#### 5.3.2. Pressupostos criados

Neste subcapítulo serão explicados os pressupostos criados devido a lacunas de informação da base de dados do *Oracle* e da *Product Tree* para o objetivo de rastreamento.

Estudou-se, numa fase inicial, dois potenciais erros do rastreamento, nomeadamente:

1. Se um produto é transformado em múltiplos processos, não é evidente a sequência de atravessamento dos diversos processos.
2. Um *part-number* pode integrar diversos produtos e um produto pode sofrer a mesma alteração de valor em múltiplos processos idênticos. Desta forma, é necessário confirmar que, independentemente do produto final a integrar, o produto poderá passar em qualquer um dos processos idênticos. Acresce a necessidade de confirmar que nenhum *serial number* é transformado em mais do que um processo idêntico em toda a sua cadeia de valor. De forma a clarificar estas afirmações, suponha-se que um produto “P” pode integrar os produtos fictícios finais “A” e “B” e que é transformado em qualquer um dos processos fictícios idênticos “processo 1” e “processo 2”. De forma a impossibilitar erros de rastreamento, é necessário confirmar que “P” pode ser transformado em ambos “processo 1” e “processo 2” independentemente de integrar o produto “A” ou “B”. É necessário, ainda, confirmar que “P” nunca é transformado em ambos “processo 1” e “processo 2” quando integra qualquer um dos produtos fictícios finais “A” ou “B”.

O primeiro potencial erro pode ser evitado se, para cada *serial-number* específico, verificar-se em que hora, minuto e segundo, o produto transformado em cada processo.

Contudo, devido ao risco associado à extração da informação do *Oracle*, apenas foi concedida a informação do dia em que um produto é fabricado. Esta informação é insuficiente e torna impossível conhecer a sequência do atravessamento do produto nos diversos processos da sua cadeia de valor.

Para colmatar este problema, foi necessário introduzir manualmente, no programa desenvolvido neste projeto de estágio e para cada processo existente na fábrica, a posição que esse processo assume nas cadeias de valor a que pertence.

A informação inserida manualmente no programa foi o novo *input* “nível”, com o seguinte significado:

- Nível 0 – processo de montagem final
- Nível 1 – processo de montagem manual
- Nível 2 – processo de fresagem
- Nível 3 – processo de *coating*
- Nível 4 – processo de *ICT*
- Nível 5 – processo de *PIS*
- Nível 6 – processo de inserção automática
- Nível 7 – processo de *laser* (gravação do *part-number* no *PCB*)

Este *input* apenas é viável dado que o nível dos processos é comum para todas as cadeias de valor no qual o processo está inserido. Por exemplo, se para um produto o processo fictício “A” fosse pré-montagem do processo fictício “B” e, para outro produto, o mesmo processo “B” fosse pré-montagem do mesmo processo “A”, quando o algoritmo tentasse rastrear o fluxo de material, não saberia qual processo era atravessado primeiro.

Finalmente, é necessário que o algoritmo saiba reconhecer o *pacemaker* da cadeia de valor de um determinado *part-number*. O método escolhido para definir o *pacemaker* foi o processo de montagem final onde esse *part-number* foi maioritariamente produzido.

Visto que atualmente os *pacemakers* são sempre na montagem final e que os planeadores tentam definir um processo de montagem final de preferência para cada produto, o *pacemaker* é o processo onde é planeado a maioria de um *part-number*.

### 5.3.3. Desenvolvimento do algoritmo

O algoritmo é decomposto em dois módulos independentes. No primeiro é executado um processamento inicial da informação e no segundo efetua-se o rastreamento dos produtos e o cálculo da taxa de implementação do controlo por consumo.

#### **Processamento inicial da informação:**

As entradas deste módulo são as bases de dados da produção, a base de dados da *Product Tree* e a folha “lista dos processos”.

A base de dados da produção tem a seguinte informação: data da produção, área de negócios do produto, família do produto, *part-number* e *serial number* do produto, processo produtivo, cidade da empresa, *vtp* do processo transformador do produto (o *vtp* da fresagem é diferente do *vtp* do teste ótico, por exemplo), estação do processo, durações média, mínima e máxima registadas, tempo de paragem média, mínima e máxima registada do processo.

A *Product Tree* tem a informação da *BOM* dos produtos.

A folha “Lista dos processos” tem a lista dos processos presentes no *Oracle*, juntamente com a informação do tipo de armazenamento que os abastece, do seu nível e, no caso de serem *pacemaker* de alguma cadeia de valor, se são nivelados.

O resultado deste módulo são três fontes de informação designados por “lista de produtos”, a “matriz produtos-processos” e a “lista dos processos”.

#### **Rastreamento dos produtos:**

Na Figura 47 está apresentada a “lista de produtos”.

Lista dos Produtos (Exemplo)			
Família:	Pai:	Filho:	
DI/R_IVI_SC2_V4	902421		
CC/LWS7	265019061	8613300465	
DI/R_IVI_SC2_V4	7503751214	8638902421	
CC/LWS7	8613300465		
DI/R_IVI_SC2_V4	8618009497		
DI/R_IVI_SC2_V4	8638902421	8618010158	8618009497 0000902421
DI/R_IVI_SC2_V4	8618010158		

Figura 47 - Exemplo da "lista de produtos" da ferramenta desenvolvida

Na Figura 48 está apresentada a "lista de processos".

Nome:	Nível:	Armazena Nivelado:	
M1CL	4	0	0
2F55	0	0	0
2F65	0	0	0
2F85	0	0	0
L5	5	0	0
2N23	0	0	0
2N21	0	0	0
2N27	0	0	0
2N25	0	0	0

Figura 48 - Exemplo da "lista de processos" da ferramenta desenvolvida

Finalmente, na Figura 49, está apresentada a "matriz produtos-processos".

Matriz produtos - processos (Exemplo)										
Part-number:	M1CL	2F55	2F65	2F85	L5	2N23	2N21	2N27	2N25	
902421	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
265019061	2	3	4	5	0	0	0	0	0	0
7503751214	0	0	0	0	0	6	7	8	0	0
8613300465	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8618009497	0	0	0	0	0	10	11	0	12	
8638902421	0	0	0	0	13	14	0	0	0	
8618010158	0	0	0	0	0	15	0	0	16	

O valor da célula ser igual a 0 significa que o produto "7503751214" não é transformado no processo "2F65"

O valor da célula ser qualquer valor diferente de 0 significa que o produto "7503751214" é transformado no processo "2N23"

Figura 49 - Exemplo da "matriz produtos-processos" da ferramenta desenvolvida

Utilizando a “lista dos produtos” o programa verifica quais os produtos constituintes dos *part-numbers* dos produtos finais a rastrear.

Com a “matriz produtos-processos” o programa verifica os processos percorridos por cada um dos produtos identificados anteriormente.

De seguida, o algoritmo representa todos os processos identificados em pelo menos um produto. Posteriormente cria ligações entre pares de processos sempre que um produto atravessa esses dois processos sucessivamente.

Quando uma ligação é representada, a “lista de processos” é verificada para determinar se o processo é abastecido por um supermercado, *FIFO* ou *stock* e representa o armazenamento determinado.

#### **Cálculo da taxa de implementação do controlo por consumo:**

É inicialmente verificado o nivelamento dos processos *pacemaker* representados, dado que se este processo não for nivelado é impossível haver controlo por consumo na cadeia de valor.

De seguida, para classificar as ligações efetuadas, é necessário avaliar a conservação do fluxo de informação nivelado, o que depende dos armazenamentos existentes, como será explicado adiante.

A verificação da conservação do fluxo de informação é efetuada distintamente para os fluxos de material antes e depois do *pacemaker*.

Depois do *pacemaker* é necessário que os armazenamentos sejam *FIFOs* de forma a serem considerados fluxos puxados.

Para avaliar os fluxos de material anteriores ao *pacemaker* verifica-se se existe pelo menos um processo abastecido por um supermercado. Caso não exista, todas as ligações são consideradas empurradas.

Caso haja pelo menos um supermercado a montante do *pacemaker*, foram definidas três regras para avaliar se as ligações são empurradas ou puxadas:

- 1) Qualquer ligação com origem num processo abastecido por um *stock* é considerada empurrada, com a exceção do processo *pacemaker*.
- 2) Qualquer ligação com origem num processo abastecido por um supermercado é considerada puxada.
- 3) Quando a ligação é efetuada com destino a um processo abastecido por *FIFO*, de forma a considerar-se a ligação puxada, é necessário verificar se o processo de origem é *pacemaker* ou abastecido por um supermercado. Caso esse processo seja abastecido por *FIFO*, é necessário recuar na cadeia de valor até encontrar um supermercado.

#### 5.4. Decisão entre supermercado e FIFO em processos abastecidos por stocks

Na implementação do controlo por consumo é necessário tomar a decisão de substituir os *stocks* existentes por um supermercado ou *FIFO*.

Idealmente, sempre que as condições necessárias para implementar um *FIFO* estejam reunidas, este deve ser escolhido. Não havendo condições para *FIFO* deve-se optar por um supermercado.

##### 5.4.1. Informação para tomada da decisão entre supermercado e FIFO

De forma a equacionar um *FIFO* entre dois processos com reduzido risco de ultrapassar o máximo estipulado para o *FIFO*, é necessário assegurar os seguintes requisitos:

- 1) Os processos laboram simultaneamente sempre que o *FIFO* está a ser abastecido.
- 2) Os tempos de ciclo dos produtos abastecidos no *FIFO* são similares nos processos abastecedor e abastecido.
- 3) O *OEE* dos 2 processos não deverá apresentar flutuações elevadas, sendo o valor internamente estipulado em 10%.
- 4) A flutuação da procura do cliente não apresenta valores superiores a 10%.

Caso qualquer um dos primeiros três requisitos não seja cumprido, o fluxo de material será interrompido visto que:

- 1) quando o processo abastecedor abastece o *FIFO* a um ritmo superior ao que o processo a jusante o consome, o máximo do *FIFO* é ultrapassado e o processo fornecedor interrompe a produção;
- 2) quando o processo abastecido consome material do *FIFO* a um ritmo superior ao que o processo a montante o abastece, o *FIFO* é esvaziado e o processo a jusante não tem material para consumir e conseqüentemente interrompe a produção.

Caso o quarto requisito não seja cumprido há o risco de ocorrer o desperdício de sobreprodução.

Assim percebe-se que é necessário que a ferramenta, além de rastrear os produtos, verifique também que:

- 1) O tempo de ciclo dos produtos em cada par de processos consecutivos.
- 2) A flutuação dos *OEE's* de cada par de processos consecutivos não apresenta desvios superiores a 10%.
- 3) Os pares de processos consecutivos laboram em simultâneo sempre que o processo abastecedor abastece o processo a jusante.

Quando os três requisitos anteriores são cumpridos, deverá haver contacto com o planeador da logística de forma a verificar que a procura do cliente é previsível.

#### 5.4.2. Análise do tempo de ciclo dos produtos nos processos consecutivos

Tal como foi explicado previamente, devido ao risco associado à extração de informação da base de dados da produção, não foi fornecido para este projeto de estágio a informação da hora, minuto e segundo a que cada produto foi transformado. Ao invés, apenas foi fornecido o dia do ano da transformação.

Contudo, com a informação da hora, minuto e segundo seria possível fazer a média do tempo de produção no *bottleneck* do processo para todos os *serial numbers* do mesmo *part-number*. Esta média poderia ser considerada o tempo de ciclo.

Caso o tempo de ciclo nos processos consecutivos apresentasse um desvio inferior a 10%, este requisito seria considerado cumprido.

#### 5.4.3. Flutuação do OEE dos produtos consecutivos

Existe atualmente um programa implementado e visível em todos os processos da empresa designado "*Bcore*".

Neste programa é possível verificar, de modo expedito, a flutuação do *OEE* dos processos de forma analítica e gráfica.

Dada a rapidez de extração desta informação, sempre que fosse realizada a análise em questão, este programa poderia ser consultado para confirmar que os processos sucessivos não apresentam flutuações do *OEE* superiores a 10% e assim este requisito seria considerado cumprido.

#### 5.4.4. Verificar se os processos laboram simultaneamente

A informação previamente mencionada da hora, minuto e segundo de produção nos processos poderia ser utilizada para verificar a flutuação do OEE entre processos sucessivos.

Verificando todos os produtos a ser abastecidos no *FIFO* em análise, seria possível averiguar se estando um processo em desenvolvimento, e conseqüentemente a registar informação na base de dados, se o outro processo também o está a fazer quase em simultâneo.

Desta forma seria possível verificar se os processos trabalham nos mesmos turnos e, portanto, seria possível confirmar este requisito.

#### 5.4.5. Flutuação da procura dos clientes finais

Após verificar o cumprimento de todos os requisitos anteriores, é necessário apenas verificar que a flutuação das encomendas dos clientes dos produtos que implicam armazenamento no *FIFO* em estudo é inferior a 10%.

O departamento de logística é responsável por esta análise. Assim, caso se verificasse que o consumo do cliente é estável nos meses anteriores, este requisito seria considerado cumprido.

## 6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados resultados possíveis de obter com a ferramenta desenvolvida e simultaneamente uma estimativa da taxa de implementação do controlo por consumo da cadeia de valor da empresa com implementação parcial do controlo por consumo.

Neste capítulo será demonstrado o resultado da ferramenta desenvolvida para apenas um produto e de seguida para uma maior quantidade de produtos.

Atualmente, na Bosch, embora o nivelamento dos planos produtivos ocorra em processos de todas as cadeias de valor, o controlo por consumo apenas está presente numa família de produtos de uma cadeia de valor. Desta forma, será apresentada a taxa de implementação do controlo por consumo inicialmente para a família de produtos com controlo por consumo e de seguida para toda a cadeia de valor da mesma.

De seguida é apresentado o resultado do programa para o mapeamento de todos os produtos da empresa, contudo verifica-se que a gestão visual da ferramenta para um grande volume de produtos é limitada.

### 6.1. Mapeamento de um produto final

O produto escolhido para a demonstração é produzido numa cadeia de valor sem controlo por consumo, na qual os processos são abastecidos por *stocks* e o *pacemaker* não é nivelado.

A Figura 50 apresenta a lista de peças que integra o produto final.

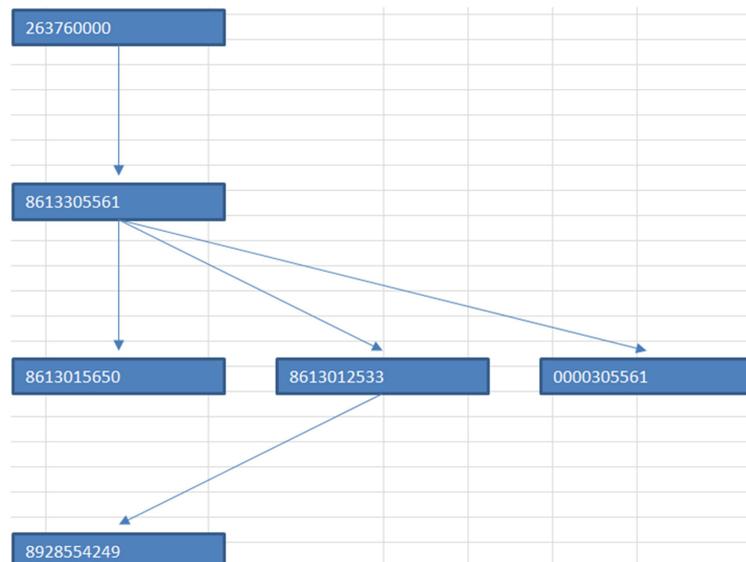


Figura 50 - Exemplo de uma lista de peças de um part-number de produto final

A Figura 51 apresenta os processos da cadeia de valor e os fluxos de material existentes entre estes para a produção deste *part-number*. Como é possível observar, há produção de *PCB's* nos processos de inserção automática “L33” e “L10” e estes são transportados para o processo de montagem manual “2M15”. O produto intermédio resultante é então transportado para os processos de montagem final “2I11” ou “2I16”.

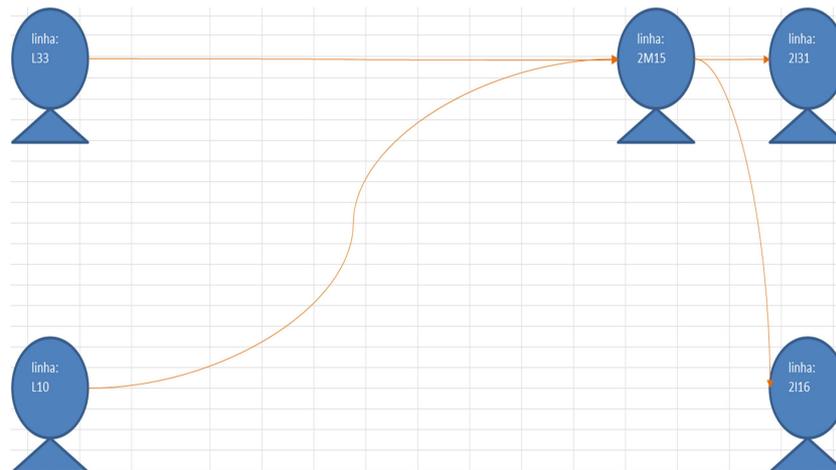


Figura 51 - Processos, armazenamentos e fluxos de material da cadeia de valor de um *part-number* de produto final

Nenhum dos fluxos representados é puxado, resultando numa taxa de implementação do controlo por consumo de 0%, como evidenciado na Figura 52.

Ligações Empurradas	4
Ligações Puxadas	0
Total de Ligações	4
Controlo por Consumo (%)	0

Figura 52 - Resultado da ferramenta no mapeamento da cadeia de valor de um produto final

## 6.2. Mapeamento da família de produtos com controlo por consumo

No início do período de estágio a equipa do *BPS* e da cadeia de valor em questão implementaram o controlo por consumo numa família de produtos.

A primeira etapa foi o nivelamento dos planos de produção dos processos de montagem final. De seguida foram implementados supermercados no primeiro e últimos processos da cadeia de valor e paralelamente linhas *FIFO* nos processos intermédios.

A Figura 53 apresenta a cadeia de valor da família de produtos mencionada.

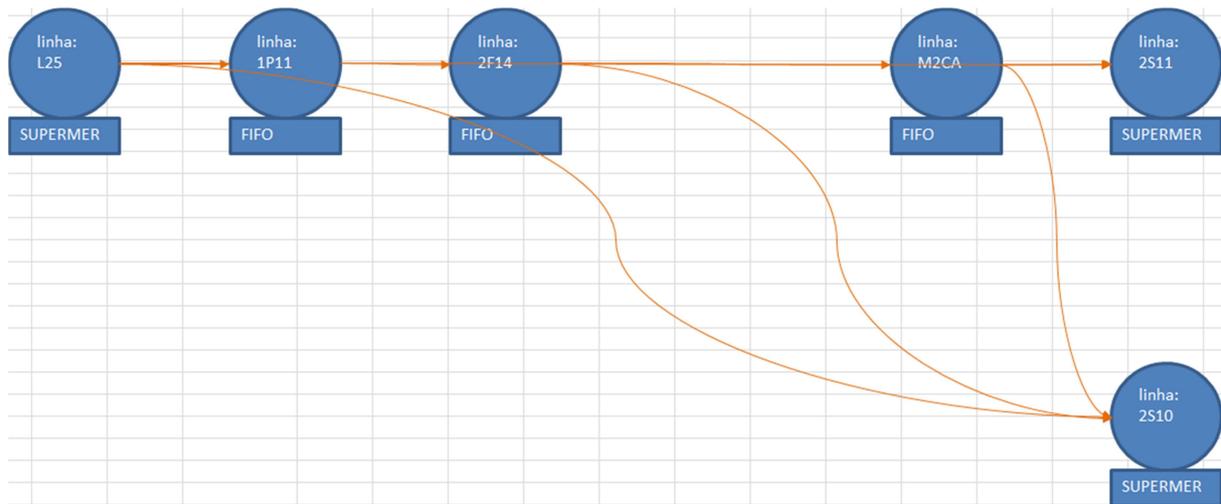


Figura 53 - Mapeamento da cadeia de valor da família com controlo por consumo

Na representação desta cadeia de valor é possível identificar uma limitação da ferramenta desenvolvida, a fraca gestão visual existente quando se mapeiam cadeias de valor complexas.

Para a produção dos produtos mapeados há a combinação nos processos de montagem final de dois *PCB's*. Um destes é produzido na "L25" e enviado para a montagem final. O outro é produzido sucessivamente na "L25", "1P11", "2F14", "M2CA" e na montagem final "2S10" ou "2S11".

A Figura 54 apresenta a taxa de implementação do controlo por consumo para a cadeia de valor em questão.

Ligações Empurradas	0
Ligações Puxadas	8
Total de Ligações	8
Controlo por Consumo (%)	100

Figura 54 - Resultado da ferramenta do mapeamento da cadeia de valor da família com controlo por consumo

A família de produtos em questão está integrada numa cadeia de valor que não apresenta controlo por consumo nas restantes famílias de produtos.

A Figura 55 apresenta a representação da cadeia de valor mencionada.

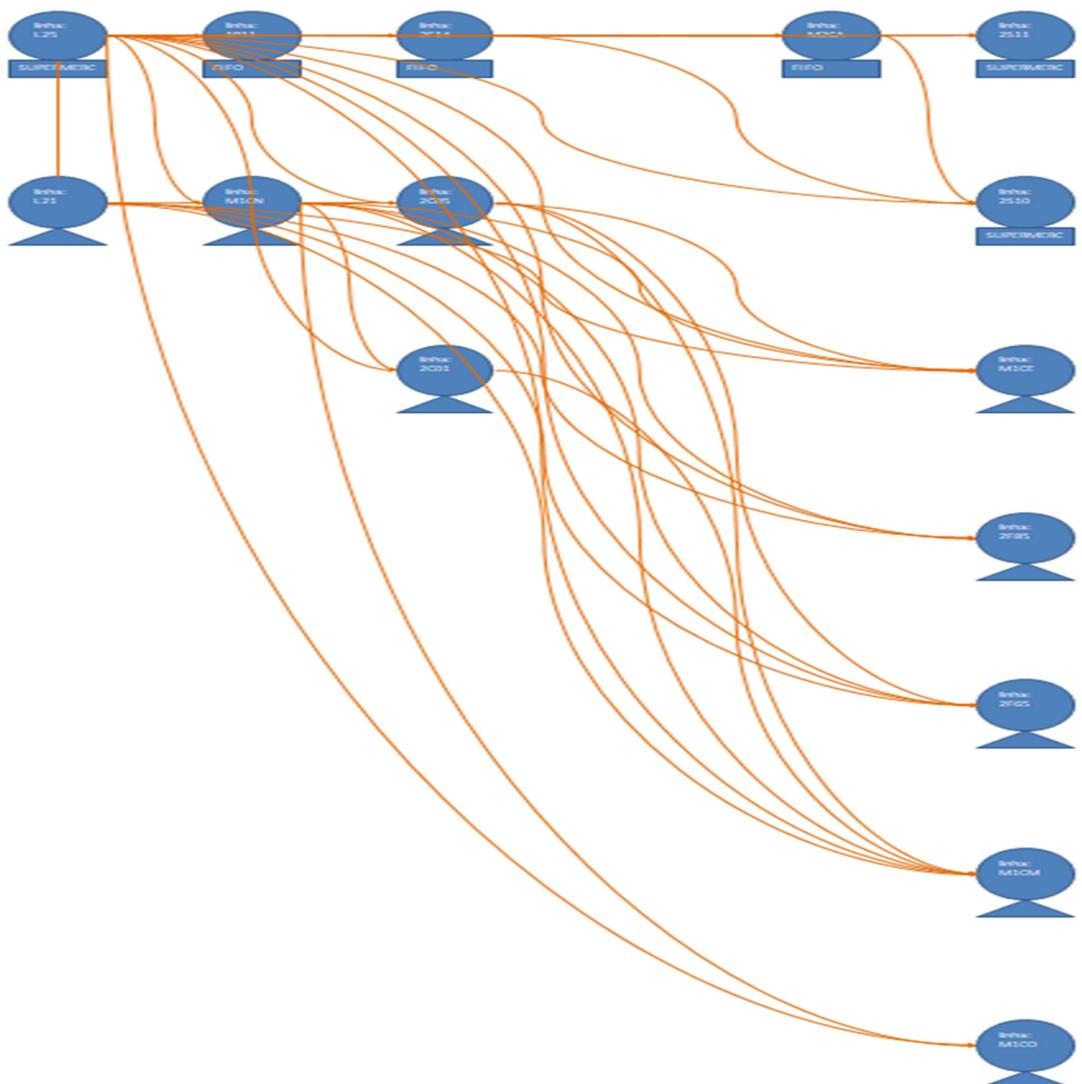


Figura 55 - Mapeamento da cadeia de valor completa onde está integrada a família com controlo por consumo

A Figura 56 apresenta a taxa de implementação do controlo por consumo da cadeia de valor previamente apresentada.

Ligações Empurradas	23
Ligações Puxadas	14
Total de Ligações	37
Controlo por Consumo (%)	38

Figura 56 - Resultado da ferramenta do mapeamento da cadeia de valor onde está integrada a família com controlo por consumo

É possível entender que a representação de elevadas quantidades de produtos não permite a transparência necessária para compreender os fluxos de material das cadeias de valor.

Por este facto e dado que o controlo por consumo não está implementado nas outras cadeias de valor, não será apresentada a representação dos fluxos de material de todos os produtos *runner* da empresa.

## 7. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

No início da realização deste projeto de estágio verificou-se que a empresa tinha iniciado a implementação do controlo por consumo, contudo, constatou-se que não possuía mecanismos de medição da taxa de implementação do mesmo.

O trabalho realizado no presente projeto de estágio visa desenvolver tais mecanismos e, adicionalmente, sugerir recomendações de melhoria nas cadeias de valor com controlo por consumo.

Inicialmente, pelo estudo das normas do controlo por consumo, foi concluído que era necessário aferir, por um lado, se os processos *pacemaker* eram nivelados e, por outro, se todos os processos da cadeia de valor são abastecidos por supermercado, *stock* ou *FIFO*.

Embora exista um *software* denominado “*Niv+*”, com a funcionalidade de sugerir automaticamente planos de produção nivelados, foi concluído que a maioria dos planos de produção dos *pacemakers* não eram nivelados sistematicamente. Verificou-se que existem múltiplos entraves à utilização da funcionalidade mencionada, e, portanto, conduziu-se um *workshop* no qual se clarificaram os entraves e definiram-se medidas para os colmatar. De facto, foi concluído que o *workshop* foi bem sucedido dado que os planeadores da logística passaram a utilizar esta funcionalidade no processo de criação dos planos de produção.

Através da realização de *VSM's*, aferiu-se que o controlo por consumo era praticamente inexistente, não obstante existir uma equipa multidisciplinar a implementar o mesmo.

Apesar do elevado empenho da equipa de implementação constatou-se que a implementação do controlo por consumo é dificultada pela falta de qualificação específica de colaboradores, por maus resultados do mesmo no passado e, pelo facto de a empresa ser estratificada em múltiplos departamentos, sendo necessário o alinhamento de múltiplas chefias para tomar qualquer decisão.

No que concerne à existência de uma base de dados detentora de informação que possibilite o rastreamento dos produtos, necessário ao desenvolvimento da ferramenta, identificou-se a base de dados da produção em “*Oracle*”.

Por restrições no acesso a informações relevantes, não foi possível calcular os tempos de ciclo dos produtos e os períodos temporais nos quais os processos laboravam, sendo, por isso impossível que a ferramenta sugira recomendações de melhoria à implementação do controlo por consumo.

Relativamente à existência de uma base de dados que permita identificar se os processos da empresa são abastecidos por supermercados, *FIFO's* ou *stocks*, também necessário ao desenvolvimento da ferramenta, constatou-se que existe uma designada “*FIFO lane*” em fase de

implementação. No entanto, a referida base de dados não estava implementada em armazenamentos suficientes para viabilizar o investimento de recursos e assim ser possível utilizar esta informação.

A partir de um *gemba walk* por todos os processos da empresa constatou-se que a maioria dos processos é abastecida por *stock* e que não existe comunicação do consumo dos supermercados de produto acabado e os *heijunkas*.

Apesar de todas as dificuldades encontradas, foi possível desenvolver uma ferramenta que mede a taxa de implementação do controlo por consumo.

Não obstante, esta apresenta algumas limitações, nomeadamente, a implicação de um elevado esforço humano na recolha de informação dos tipos de armazenamento dos processos produtivos, a gestão visual fornecida pela ferramenta é limitada no mapeamento de cadeias de valor complexas e não permite sugerir melhorias às cadeias de valor.

No entanto, a utilização das funcionalidades da ferramenta seria possível com a melhoria de alguns aspetos, nomeadamente: ao nível do fluxo de informação; à motivação de colaboradores; às bases de dados abastecedoras da ferramenta desenvolvida e; à gestão visual da mesma.

No que diz respeito ao fluxo de informação sugere-se o estabelecimento de contacto entre o consumo dos supermercados de produto final e os *heijunkas* dos processos *pacemaker*, de forma a reduzir o risco de falha dos armazenamentos instalados.

De forma a motivar os colaboradores envolvidos na implementação e monitorização do controlo por consumo, além de formação interativa, propõe-se o estabelecimento de contacto entre os colaboradores, os envolvidos na monitorização da cadeia de valor com controlo por consumo e os reticentes relativamente às vantagens do mesmo. Assim, seria perceptível que o investimento na implementação é compensado pelo valor para o cliente e o reduzido investimento na monitorização do mesmo.

Relativamente ao abastecimento de informação à ferramenta desenvolvida, há duas vertentes a melhorar. O primeiro é estabelecer contacto entre a ferramenta e o programa "*FIFO lane*" com o objetivo de determinar, sem ação humana, se os processos são abastecidos por supermercado, *FIFO* ou *stocks*. Assim dispensava-se a necessidade de recolher a informação com um *gemba walk* moroso. O segundo é fornecer à ferramenta toda a informação da base de dados da produção, permitindo a sugestão de melhorias às cadeias de valor da empresa.

Ao nível da gestão visual, será sempre pouco perceptível a visualização quer de cadeias de valor complexas quer de múltiplas cadeias de valor. Contudo, no recurso à ferramenta para análise do fluxo

de material seria favorável se possibilitar o filtro de visualização do fluxo de determinados produtos e/ou processos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaro, A. P., & Pinto, J. P. (2007). Criação de valor e eliminação de desperdícios. *Qualidade*.
- Balle, F., & Balle, M. (2005). *The Gold Mine: A Novel of Lean Turnaround*. Lean Enterprises Inst Inc.
- Bosch. (2013). *BPS - Bosch Production System*.
- Bosch. (2018). *Implementation Guideline Consumption Control*.
- Braverman, H. (1998). *Labor and Monopoly Capital: The Degradation of Work in the Twentieth Century*.
- Cerqueira, H. (2000). *Trabalho e troca: Adam Smith e o surgimento do discurso econômico*.
- Eli Whitney Museum and Workshop. (n.d.). Retrieved from <http://www.eliwhitney.org/museum/eliwhitney>
- Franklin, B. (2010). *Poor Richard's Almanack*.
- Gupta, S., Sharma, M., & Sunder M, V. (2016). Lean services: a systematic review. *International Journal of Productivity and Performance Management*.
- Hines, P., Holwe, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations and Production Management*.
- Junior, M., & Filho, M. (2010). Variations of the kanban system: Literature review and classification. *International Journal of Production Economics*.
- Lander, E., & Liker, J. K. (2007). The Toyota Production System and art: Making highly customized and creative products the Toyota way. *International Journal of Production Research*.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. New York: McGraw-Hill.
- Massaki, I. (1996). *Gemba Kaizen - Estrategias E Tecnicas Do Kaizen No Piso Da Fabrica*. IMAM.
- Maximiano, A. (2010). *Introdução à Administração*.
- O'Brien, R. (1998). An overview of the methodological approach of Action Research, Theory and Practice of Action Research. Retrieved from [http://web.net/~robrien/papers/xx ar final.htm](http://web.net/~robrien/papers/xx_ar_final.htm)
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. New York: Productivity Press.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). Learning to See Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda. *Lean Enterprise Institute Brookline*.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research Methods for Business Students*. Pearson.
- Shingo, S., & Bodek, N. (2019). A Study of the Toyota Production System From an Industrial Engineering Viewpoint. In *A Study of the Toyota Production System From an Industrial Engineering Viewpoint*.
- Taylor, F. (1947). *Principles of Scientific Management*. Harper and Brothers.
- Wilson, L. (2009). *How to implement Lean Manufacturing*. McGraw-Hill Professional.
- Womack, J., & Daniel, J. (2003). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. Free Press.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1992). The machine that changed the world. *Business Horizons*.

## Element description Value Stream Mapping

### 8a. Value stream symbols material flow

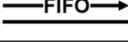
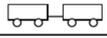
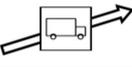
<b>External Process</b> 	Icon for process external from RB (i.e. supplier, 3 <sup>rd</sup> party sorting, customer, etc.) or a RB-Plant for a global value stream. → specific description required (i.e. name, etc.). → Additional data to be placed in "Data Box".	<b>Material Flow PUSH</b> 	Produced material that will be pushed to the next process before needed. Controlling through production planning. Only for internal use.
<b>Process Box</b> 	Manufacturing process (multiple process steps can be combined; i.e. "Assembly") and Shipping.	<b>Supermarkt</b> 	Defined and stable inventory, used to regulate upstream production process. Icon to be placed with open side towards supplier.
<b>Data Box</b> 	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.	<b>Withdrawal</b> 	Material Pull (Customer process withdraws material in a defined way from supplier process). Icon "Withdrawal" may be combined with "Milkrun".
<b>Profiled stock</b> 	Chronological development of stock is defined by planned in- and outflow for each part number.	<b>FIFO (First In - First Out)</b> max. 20 pcs 	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!!!
<b>Inventory</b> 	Inventory between process steps. Quantity (i.e. 300 pcs) to be given.	<b>Milkrun</b> 	Cyclical material transport with given schedule and route.
<b>Safety or Blocked Inventory</b> 	Special forms of inventory. Same Rules to be used as with Inventory (see above).	<b>Staging area</b> 	Area for preparing finished goods for shipping (or external transport). Coverage: 1 loading unit (i.e. volume of 1 truck)
<b>External Transport</b> 	Transport "Supplier => RB", "RB => Supplier", "RB => 3 <sup>rd</sup> party sorting", or "RB => Customer". → Shipping Frequency (and additional data as required) to be put in "Data Box".	<b>Cross-Dock</b> 	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 57- Símbolos do fluxo de material do mapeamento (Bosch, 2013)

## Element description Value Stream Mapping 8a. Value stream symbols information flow

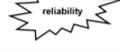
<p><b>Manual Information Flow</b></p> 	<p>Information delivered as a list (i.e. handwritten, printout, etc.). Coverage (Forecast and fixed) and update cycle to be written inside the rectangular box [i.e. 6 months forecast; 2 weeks fix; weekly updates].</p>	<p><b>Transport Kanban</b></p> 	<p>Kanban that 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</p>
<p><b>Electronic Information Flow</b></p> 	<p>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].</p>	<p><b>Production Kanban</b></p> 	<p>Kanban that starts defined volume of production (i.e. parts manufacturing, assembly, etc.) Dashed arrow shows the information path of Kanban. → Production Kanban: yellow</p>
<p><b>Leveling</b></p> 	<p>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,...)</p>	<p><b>Kanban Post</b></p> 	<p>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).</p>
<p><b>„Go see“-Production</b></p> 	<p>Employee goes to shop floor frequently but not regularly to influence actual state of production based on inventory. Necessity forced by low transparency.</p>	<p><b>Lot Formation Box</b></p> 	<p>Production only starts when defined lot size is reached by defined number of production Kanbans.</p>
<p><b>Production Control</b></p> 	<p>Production Control (i.e. LOG, etc.); write down DV-System (SAP, etc.)</p>	<p><b>Kanban Chute</b></p> 	<p>Kanban Chute defines the production sequence of the lots</p>
		<p><b>CIP-Flash</b></p> 	<p>CIP flash visualizes problems. CIP flash are opportunities for improvement of process.</p>

Figura 58 - Símbolos do fluxo de informação do mapeamento (Bosch, 2013)

Parte 1:

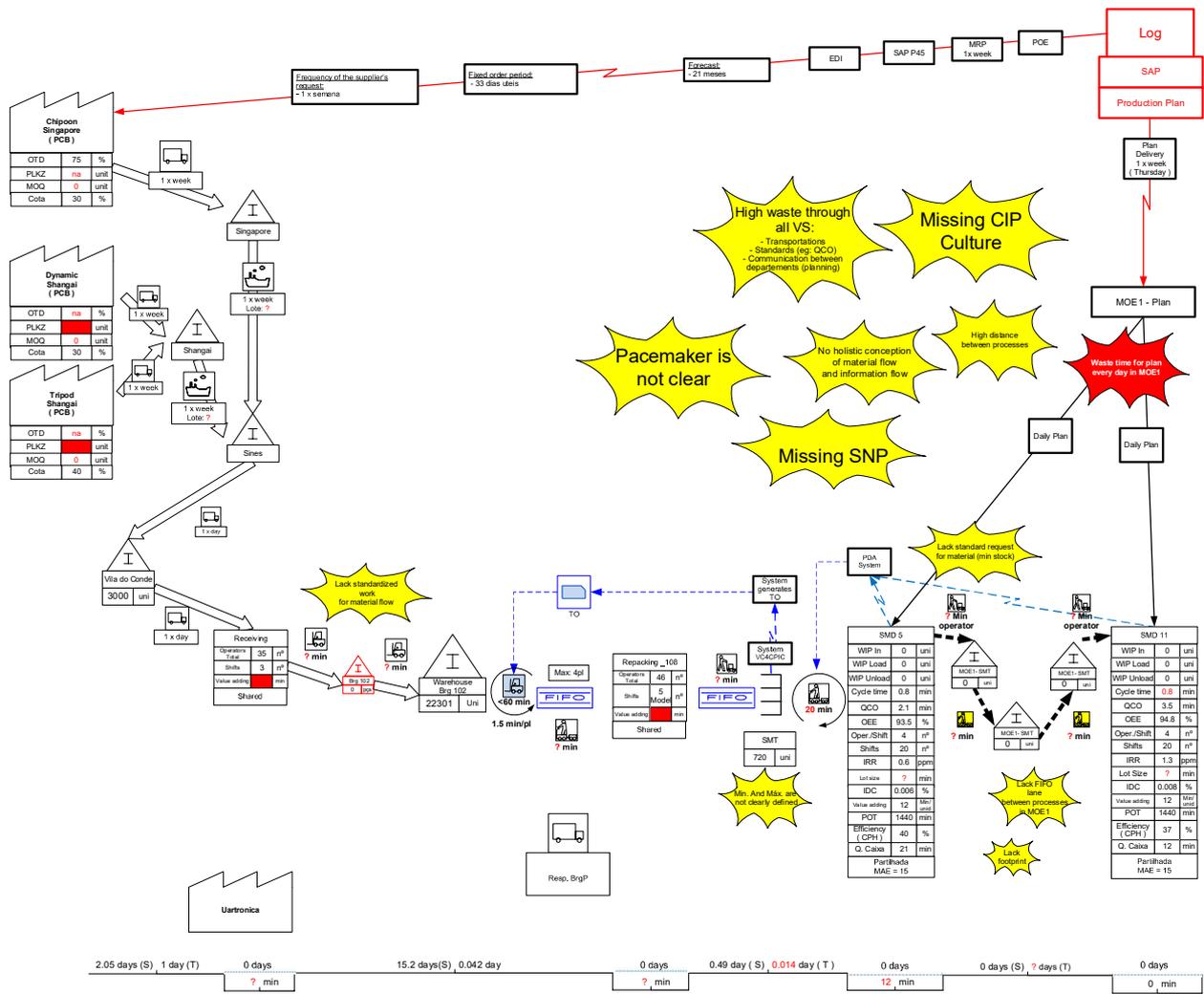


Figura 59 - VSM parte 1

Parte 2:



Parte 1:

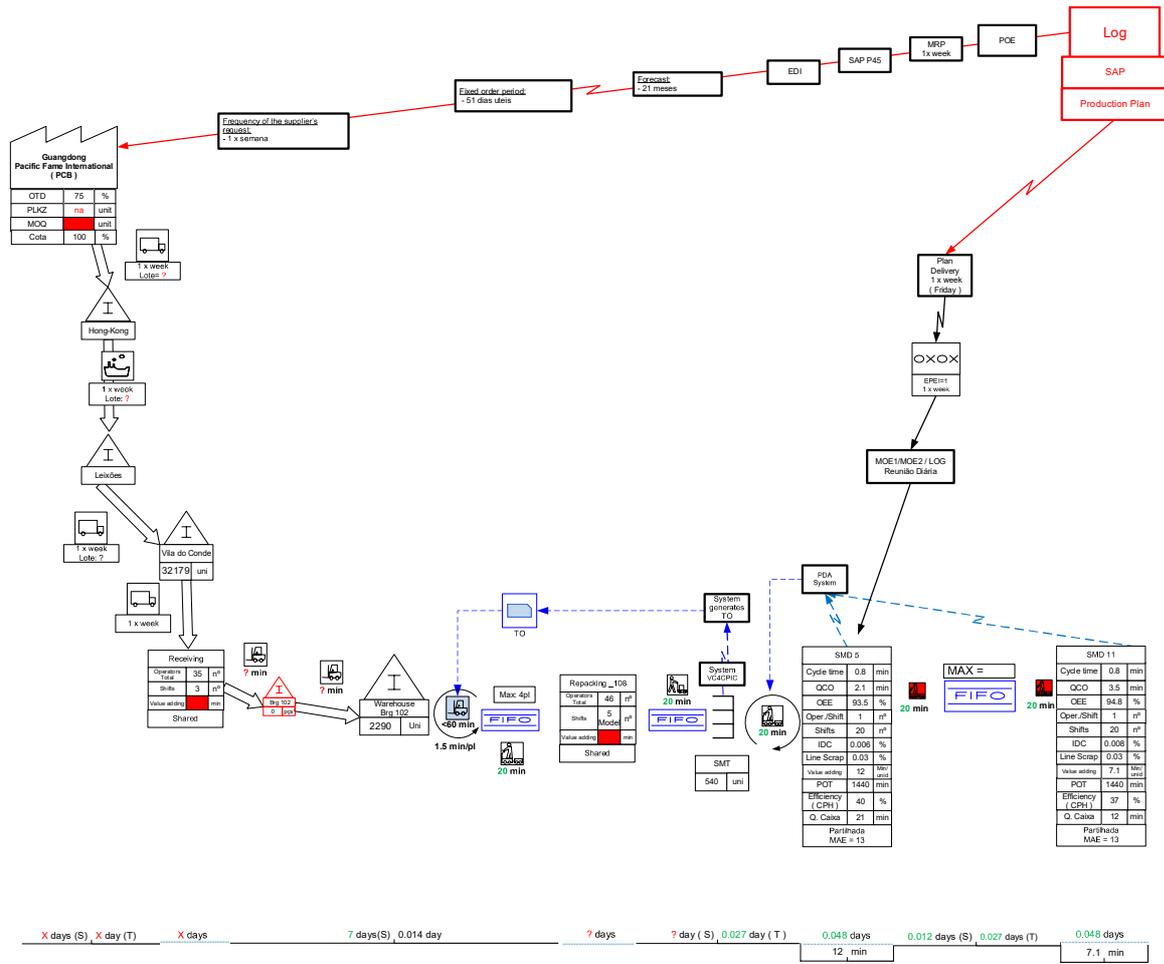


Figura 61 - VSD parte 1

Parte 2:

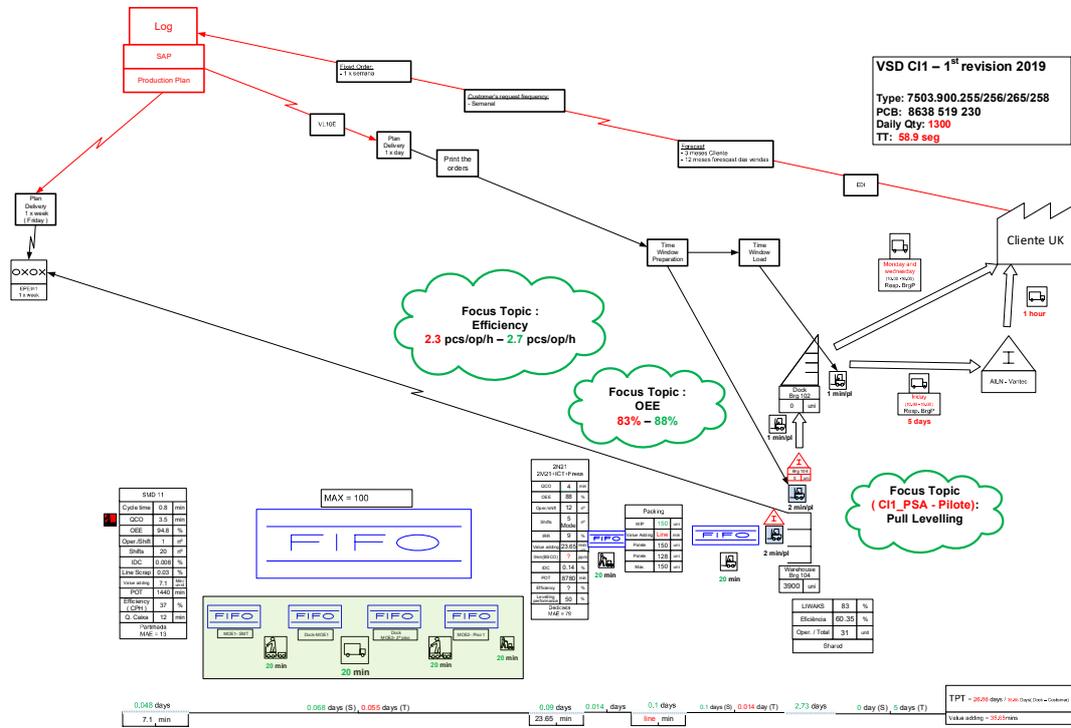


Figura 62 - VSD parte 2