



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ricardo Augusto Loureiro da Silva

**Melhoria de processos produtivos numa
empresa de produtos eletrónicos**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Industrial

Ramo: Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor José Dinis Carvalho

Novembro de 2014

Melhoria de processos produtivos numa empresa de produtos eletrónicos

DECLARAÇÃO

Nome: Ricardo Augusto Loureiro da Silva

Endereço eletrónico: ricardo90silva@gmail.com

Telefone: 936149333

Número do Cartão de Cidadão: 13765688

Título da dissertação: Melhoria de processos produtivos numa empresa de produtos eletrónicos

Orientador: Professor José Dinis Carvalho

Ano de conclusão: 2014

Designação do Mestrado: Mestrado em Engenharia Industrial – Ramo de Gestão Industrial

DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação não seria possível sem o apoio de algumas pessoas às quais presto os meus agradecimentos. Agradeço ao meu orientador na Bosch, Sr. Mário Pinhão e a todos os colegas de CM-MS pelos ensinamentos transmitidos e pela ajuda prestada ao longo de todo o estágio, e também pelo excelente ambiente de trabalho. Agradeço também ao Sr. Francisco Vieira pelos esclarecimentos, pelas sugestões e pelos ensinamentos, e também à *Bosch Car Multimédia Portugal S.A.* pela oportunidade de realizar o estágio na empresa. Agradeço ainda ao meu orientador na Universidade do Minho, Professor Doutor José Dinis Carvalho, pelo apoio na escrita desta dissertação.

E claro, não podia deixar de agradecer à minha família e aos meus amigos pelo apoio e pelos momentos de descontração, muito importantes para que este trabalho chegasse a bom porto.

Muito obrigado!

RESUMO

A presente dissertação, desenvolvida no âmbito do Mestrado em Engenharia Industrial, ramo de Gestão Industrial, realizou-se na unidade de negócios de CM-MS, da *Bosch Car Multimedia Portugal S.A.*, localizada na cidade de Braga.

A unidade de CM-MS produz principalmente para a área da termo tecnologia, sendo responsável pelos processos de Montagem Manual e Montagem Final dos produtos. A sua área produtiva é constituída por três linhas de montagem manual, onde se faz inserção manual de componentes eletrónicos nas placas de circuito impresso provenientes da inserção automática, e onze células de montagem final, onde se faz a montagem do produto final. Embora existam várias linhas e células, os processos são comuns à maioria dos produtos, apenas com as diferenças causadas pelas características de cada um dos produtos.

Durante o período ao longo do qual se realizou este trabalho, foi proposta a realização de alguns estudos de melhoria, de entre os quais os três apresentados nesta dissertação. Os dois primeiros, “Redução de custos com a preparação de componentes” e “Redefinição do modelo de instrução de trabalho” realizados durante uma fase inicial de ambientação à empresa, permitiram uma melhor compreensão dos processos. O terceiro trabalho, “Implementação de um supermercado entre processos” teve como objetivo criar uma sistemática para melhorar o controlo e planeamento da produção, e tornar os processos mais claros e estáveis. Uma vez que, após a realização do estudo, se verificou que a implementação do supermercado não era viável principalmente devido às grandes quantidades de *wip* criadas e devido à falta de espaço para criar o supermercado, foi desenvolvida uma proposta alternativa, com base no sistema *kanban* e no sistema *CONWIP*. Esta proposta baseou-se na criação de um inventário intermédio entre os processos, sendo que a produção de pcb’s no processo a montante apenas é realizada se houver consumo de pcb’s no processo a jusante. Desta forma, o controlo da produção, o seu planeamento e a gestão visual dos processos são muito mais simples de executar.

PALAVRAS-CHAVE

BPS, *Pull*, melhoria, supermercado, *kanban*

ABSTRACT

This dissertation, performed under the Master degree in Industrial Engineering, Industrial Management branch, was developed in the business unit CM-MS, from Bosch Car Multimedia Portugal, S.A, located in Braga.

The unit CM-MS produces mainly to thermo technology area, and is responsible for the processes of Manual Assembly and Final Assembly of the products. Its production area consists of three manual assembly lines, that make the manual insertion of the electronic components on printed circuit boards (PCB) from the automatic insertion, and eleven final assembly cells, that make the final product assembly. Although there are many lines and cells, the processes are common for most of the products, with the differences due to the characteristics of each product.

During the period over which this work was done, was proposed the realisation of some improvement studies, among which the three presented in this dissertation. The first two, “Reducing costs with the preparation of components” and “Redefining the model of work instruction”, performed during an initial phase of adaptation to the company, allowed a better understanding of the processes. The third study, “Implementing a supermarket between processes” aimed to create a systematic to improve the control and production planning, and making the processes clearer and stable. Since, after the study, it was found that the implementation of the supermarket was not feasible mainly due to the large amount of wip created and due the lack of space to create the supermarket, was developed an alternative proposal, based on the kanban system and CONWIP system. This proposal was based on the creation of a controlled stock between processes, and the production of PCBs in the upstream process is only realized if there is consumption of PCBs in the downstream process. This way, the control of production, its planning and the visual management of the processes are simpler to perform.

KEYWORDS

BPS, *Pull*, improvement, supermarket, *kanban*

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xvii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xix
Introdução.....	1
Enquadramento.....	1
Objetivos.....	2
Metodologia.....	2
Estrutura da dissertação.....	3
Revisão Bibliográfica.....	5
Toyota Production System.....	5
Lean Production.....	6
Desperdícios.....	7
Princípios Lean.....	9
Ferramentas Lean – A casa TPS.....	10
Just-In-Time.....	11
Jidoka (Autonomation).....	12
Heijunka.....	13
Standardized Work.....	14
Kaizen.....	14
Ferramentas de suporte de um sistema de produção Lean.....	15
Pull System.....	16
Kanban.....	17
Nivelamento da produção (<i>Heijunka</i>).....	19
Supermercado e <i>FIFO Lane</i>	19
CONWIP.....	21
Bosch Car Multimedia Portugal S.A.....	23

House of Orientation	23
Bosch Production System	25
A Visão do BPS	25
Princípios BPS	26
A Unidade de Negócios CM-MS	27
Descrição e análise do sistema produtivo	29
Produtos de Termo Tecnologia	29
Situação inicial do sistema produtivo	30
Fluxo Produtivo	30
Organização da área produtiva	34
Desperdícios no sistema produtivo	36
Sobreprodução	36
Inventários	36
Espaço	36
Movimentação de colaboradores	36
Transportes de materiais e produtos	37
Tempos de espera	37
Defeitos/retrabalho	38
Trabalhos de Melhoria	39
Redução de custos com preparação de componentes	39
Redefinição do modelo de instrução de trabalho	41
Implementação de um supermercado entre processos	44
Layout e fluxo produtivo da linha de Montagem Manual 1	45
Controlo da produção – Situação inicial	46
Controlo da produção – Situação pretendida	49
Cálculo da quantidade de <i>kanbans</i>	50
Viabilidade da Implementação	60
Proposta alternativa ao supermercado	61
Dimensionamento das <i>FIFO Lanes</i>	62

Funcionamento do sistema proposto	67
Diferenciação do procedimento para a célula 3F19	74
Implementação.....	75
Resultados	81
Redução de custos com preparação de componentes	81
Redefinição do modelo de instrução de trabalho.....	81
Implementação de um supermercado entre processos e proposta alternativa	81
Eliminação da necessidade de planear a produção na linha de montagem manual e simplificação do planeamento e controlo da produção.....	82
Pedidos de placas ao <i>Milk Run</i>	83
Pedidos de material para mudança de produção	84
Estabilização dos níveis de <i>wip</i> entre processos.....	84
Sincronismo da produção.....	84
Melhor transparência e gestão visual.....	85
Diminuição do stress	85
Principais benefícios atingidos com o sistema <i>pull/push</i> implementado	86
Conclusões e trabalhos futuros	87
Conclusões.....	87
Trabalhos futuros.....	89
Referências Bibliográficas	91
Anexo I – Recolha de dados na linha de Montagem Manual 2	93
Anexo II – Modelos de Instrução de Trabalho	94
Anexo III – Fórmula <i>Kanban Bosch Production System</i>	96
Anexo IV – Dados recolhidos para o cálculo da quantidade de <i>Kanbans</i> e para o dimensionamento da <i>FIFO Lane</i>	100
Anexo V – Dados recolhidos durante a medição dos níveis de inventário.....	107
Anexo VI – Instruções de Trabalho para o sistema de planeamento e controlo de produção implementado	109
Anexo VII – Simbologia utilizada nos diagramas de fluxo.....	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Os 7 Muda's. Adaptado de Melton (2005)	7
Figura 2 - Problemas causados pela sobreprodução. Adaptado de Suzaki (2010).....	8
Figura 3 - Efeito da diminuição de inventário. Adaptado de Bosch (2013)	8
Figura 4 - Casa TPS. Adaptado de Liker (2004)	11
Figura 5 - Ciclo PDCA (Bell, 2005)	14
Figura 6 - Exemplo de um cartão kanban	18
Figura 7 - Fluxo de kanbans num sistema produtivo. Adaptado de Bell (2005)	18
Figura 8 - Princípio de funcionamento de um supermercado. Adaptado de Rother & Shook (Rother & Shook, 2003)	20
Figura 9 - Exemplo de uma FIFO Lane. Adaptado de Rother & Shook (Rother & Shook, 2003).	21
Figura 10 - Bosch Car Multimedia Portugal S.A. (Braga, 2012)	23
Figura 11 - House of Orientation (Bosch, 2005)	24
Figura 12 – Missão (Bosch, 2005).....	24
Figura 13 - Processos constituintes do BBS. Adaptado de Bosch (2005).....	25
Figura 14 - Alguns dos produtos de CM-MS.....	29
Figura 15 - VSM geral do fluxo produtivo	30
Figura 16 - Fluxo produtivo nas linhas de Montagem Manual.....	32
Figura 17 - Fluxo produtivo nas células de Montagem Final	32
Figura 18 - Container de transporte de placas nutzen.....	33
Figura 19 - À esquerda, placa nutzen com 1 PCB; à direita, placa nutzen com 4 PCB's	33
Figura 20 - Caixilho de transporte de placas.....	34
Figura 21 - Layout da área produtiva de CM-MS	35
Figura 22 - Linha de Montagem Manual 3MM2	39
Figura 23 - Gráfico resumo do tempo de ciclo dos 6 postos de montagem manual da linha 3MM2	40
Figura 24 - Gráfico resumo do tempo de ciclo dos 7 postos da linha 3MM2.....	41
Figura 25 - Modelo antigo de instrução de trabalho	42
Figura 26 - Modelo proposto de instrução de trabalho	44
Figura 27 - Fluxo entre a linha 3MM1 e as células de montagem final por ela abastecidas.....	45
Figura 28 - Layout da linha de Montagem Manual 1	46
Figura 29 – Value Stream Mapping da situação inicial do controlo da produção.....	46

Figura 30 – Value Stream Design da situação pretendida para o controlo da produção	49
Figura 31 - Fórmula kanban BPS (Bosch, 2011)	51
Figura 32 - Fórmula de cálculo RE(Bosch, 2011)	51
Figura 33 - Fórmula de cálculo LO (Bosch, 2011)	51
Figura 34 - Fórmula de cálculo WI (Bosch, 2011).....	52
Figura 35 - Fórmula de cálculo SA (Bosch, 2011).....	52
Figura 36 – Value Stream Design da proposta apresentada para o controlo da produção.....	62
Figura 37 - Exemplo do cálculo do wip mínimo para uma FIFO Lane	66
Figura 38 - Quadro de nivelamento; à esquerda a parte frontal e à direita a parte traseira; a seta verde indica o local onde são colocados os cartões da logística (Cartões Master)	68
Figura 39 - Sequenciador da montagem final; a seta verde indica o sequenciador da montagem final	68
Figura 40 - Kanban proposto para o sistema puxado. À esquerda um kanban completo; à direita um kanban para preencher manualmente.....	69
Figura 41 - Colocação dos kanbans na caixa sequenciadora.....	69
Figura 42 - Cartão de mudança de lote	69
Figura 43 - Consumo de kanbans pela montagem final	70
Figura 44 - Retirada dos kanbans ca caixa sequenciadora	70
Figura 45 – Construção de lote e sequenciador da montagem manual	71
Figura 46 - Cartão de produção	72
Figura 47 - Posicionamento dos kanbans antes e após a sua produção	72
Figura 48 - À esquerda: transporte do cartão de produção para a montagem manual; à direita: transporte dos kanbans produzidos para o sequenciador da montagem manual	73
Figura 49 - À esquerda a frente do quadro de nivelamento, onde é colocada a sequência de produção para o dia seguinte (cartões Master); à direita a traseira do quadro	77
Figura 50 - Traseira do quadro de nivelamento: em cima o sequenciador da montagem final; em baixo a caixa onde a logística coloca o plano de produção para a semana e as caixas de arrumação dos cartões.....	77
Figura 51 - Caixa lateral onde são colocados os kanbans para produção	78
Figura 52 - À esquerda o quadro de construção de lote e sequenciador da montagem manual; à direita uma visão mais pormenorizada do quadro.....	78
Figura 53 - Modelo antigo de instrução de trabalho	94
Figura 54 - Novo modelo de instrução de trabalho.....	95

Figura 55 - Fórmula kanban BPS (Bosch, 2011)	96
Figura 56 - Fórmula de cálculo RE (Bosch, 2011)	96
Figura 57 - RTLoop: replenishment time loop (Bosch, 2011)	96
Figura 58 - Fórmula de cálculo RT2 para grande quantidade de A's (Bosch, 2011).....	97
Figura 59 - Fórmula de cálculo RT2 para quantidade clara de A's (Bosch, 2011)	97
Figura 60 - Fórmula de cálculo LO(Bosch, 2011)	97
Figura 61 - Fórmula de cálculo WI(Bosch, 2011).....	98
Figura 62 - Fórmula de cálculo SA (Bosch, 2011).....	98
Figura 63 - Fórmula de cálculo SA1(Bosch, 2011)	98
Figura 64 - Fórmula de cálculo SA2 (Bosch, 2011)	99
Figura 65 - Fórmula de cálculo SA3 (Bosch, 2011)	99
Figura 66 - Instrução de trabalho 1.1	109
Figura 67 - Instrução de trabalho 1.2	110
Figura 68 - Instrução de trabalho 2	111
Figura 69 - Instrução de trabalho 3	112
Figura 70 - Instrução de trabalho 4.1	113
Figura 71 - Instrução de trabalho 4.2	114
Figura 72 - Instrução de trabalho 5	115
Figura 73 - Instrução de trabalho 6	116
Figura 74 - Instrução de trabalho 7.1	117
Figura 75 - Instrução de trabalho 7.2	118
Figura 76 - Instrução de trabalho 8	119
Figura 77 - Instrução de trabalho 10.1	120
Figura 78 - Instrução de trabalho 10.2	121
Figura 79 - Instrução de trabalho 10.3	122
Figura 80 - Instrução de trabalho 11	123
Figura 81 - Instrução de trabalho 12	124

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplo de nivelamento da produção. Adaptado de J. Liker & Meier (2006).	19
Tabela 2 - Resumo das medições efetuadas.....	40
Tabela 3 - Resumo das medições efetuadas aos níveis de inventário	48
Tabela 4 - Produtos do braço 2 da linha 3MM1	53
Tabela 5 - Produtos do braço 3 da linha 3MM1	53
Tabela 6 - Cálculo da quantidade de kanbans dos produtos do Braço 2 da linha de Montagem Manual 1	56
Tabela 7 - Cálculo da quantidade de kanbans dos produtos do Braço 3 da linha de Montagem Manual 1	57
Tabela 8 - Dimensionamento do supermercado.....	58
Tabela 9 - Dados para o cálculo da FIFO Lane.....	59
Tabela 10 - Capacidade do braço 1 da linha 3MM1 e da célula 3F27	59
Tabela 11 - Pior cenário de perdas do braço da linha 3MM1	59
Tabela 12 - Dimensões da FIFO Lane.....	60
Tabela 13 - Resumo das medições efetuadas aos níveis de inventário	63
Tabela 14 - Produtos da célula 3F23.....	64
Tabela 15 - Produtos da célula 3F20.....	64
Tabela 16 - Tamanho dos lotes	64
Tabela 17 - Tempo de produção dos lotes na Montagem Manual. (a família produzida na célula 3F23 é constituído por duas placas, produzidas em braços diferentes).....	65
Tabela 18 - Wip mínimo calculado para cada uma das FIFO Lanes.....	65
Tabela 19 - Wip mínimo considerado para cada uma das FIFO Lanes.....	67
Tabela 20 - Wip máximo permitido nas FIFO Lanes	67
Tabela 21 - Redefinição do limite máximo da FIFO Lane para a célula 3F27	76
Tabela 22 - Comparação do supermercado BPS com o modelo alternativo desenvolvido.....	82
Tabela 23 - Dados recolhidos durante as medições efetuadas na linha 3MM2	93
Tabela 24 - Tempos de changeover recolhidos no braço 2 da linha 3MM1.....	100
Tabela 25 - Tempos de changeover recolhidos no braço 3 da linha 3MM1.....	101
Tabela 26 - Matriz de changeover do braço 2 da linha 3MM1	101
Tabela 27 - Matriz de changeover do braço 3 da linha 3MM1	102

Tabela 28 - Work in process na linha 3MM1.....	102
Tabela 29 - Simulação do nivelamento da produção para o braço 2 da linha 3MM1.....	103
Tabela 30 - Simulação do nivelamento da produção para o braço 3 da linha 3MM1.....	104
Tabela 31 - OEE linha 3MM1	105
Tabela 32 - OEE linha 3MM1 e célula 3F27	105
Tabela 33 - Tempos de changeover no braço 1 da linha 3MM1 e na célula 3F27	106
Tabela 34 - Quantidade de Changeovers por dia no braço 1 da 3MM1	106
Tabela 35 - Dados recolhidos para a medição dos níveis de inventário.....	107
Tabela 36 - Simbologia utilizada para a construção de diagramas de fluxo.....	125

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

- AOI** – Automatic Optical Inspection
- BPS** – Bosch Production System
- CM-MS** – Car Multimedia-Manufacturing Systems
- CO** – Changeover
- Conwip** – Constant work in process
- EMS** – Electronic Manufacturing Services
- EPEI** – Every Part Every Interval
- FIFO** – First In, First Out
- ICT** – In Circuit Test
- JIT** – Just In Time
- LO** – Lot Size Coverage
- LS** – Lot Size
- MF** – Montagem Final
- MM** – Montagem Manual
- NPK** – Number of Parts per Kanban
- OEE** – Overall equipment effectiveness
- OEM** – Original Equipment Manufacturers
- PCB** – Printed Circuit Board
- PDCA** – Plan, Do, Check, Act
- POT** – Planned Operation Time
- PR** – Period Requirement
- RE** – Replenishment Time Coverage
- RTloop** – Replenishment Time Loop
- SA** – Safety Time Coverage
- SMED** – Single Minute Exchange of Die
- TPM** – Total Productive Maintenance
- TPS** – Toyota Production System
- TT** – Termo Tecnologia
- TT** – Takt Time

Melhoria de processos produtivos numa empresa de produtos eletrónicos

VSD – Value Stream Design

VSM – Value Stream Mapping

WA – Withdrawal Amount

WI – Withdrawal Peak Coverage

WIP – Work In Process

INTRODUÇÃO

Neste primeiro capítulo, será feito um enquadramento ao trabalho, apresentados os seus objetivos, e a metodologia de trabalho utilizada. No final do capítulo, é feita a descrição da estrutura desta dissertação.

Enquadramento

A procura constante pela melhoria contínua dos processos é um imperativo para que uma empresa seja competitiva no mercado, e tem maior importância no atual clima económico de crise. A *Bosch Car Multimedia Portugal S.A.*, assim como muitas outras empresas, tem vindo a sofrer as consequências desse clima económico. O resultado é a diminuição do volume de negócio que, por sua vez, provoca a diminuição das receitas necessárias para suportar custos.

Dentro da *Bosch Car Multimedia Portugal S.A.* existe a unidade de negócios denominada CM-MS, *Car Multimedia – Manufacturing Systems*, que se dedica à produção de placas de circuito impresso (PCB - *Printed Circuit Board*) e dos respetivos dispositivos controladores, com inserção manual de componentes e montagem final dos dispositivos. Estes dispositivos são depois fornecidos aos clientes, para que os incorporem nos seus produtos. Este tipo de unidades de negócio denominadas de EMS (*Electronic Manufacturing Services*) começou a existir na década de 60, para responder à necessidade de *outsourcing* de empresas de OEM, *Original Equipment Manufacturers* (Gentry & Elms, 2009). Em geral, as empresas EMS produzem e montam placas de circuito impresso, mais conhecidas como PCB's, para empresas que depois as vão aplicar nos seus produtos. Na unidade de negócios CM-MS são produzidos e montados PCB's nos respetivos dispositivos controladores, principalmente para a indústria de Termo Tecnologia (TT).

Adaptando a metodologia de produção *Lean* à filosofia e às necessidades da empresa, a Bosch desenvolveu o *Bosch Production System* (BPS). Constituído por um conjunto de princípios e ferramentas na sua maioria iguais aos que constituem a metodologia de produção *Lean*, o BPS visa a eliminação de desperdícios no sistema produtivo, focando-se na melhoria contínua dos processos. A forte política de melhoria contínua existente na Bosch é o meio para melhorar o desempenho dos processos, para garantir a sobrevivência futura e melhorar continuamente a sua competitividade nos mercados onde atua. Alinhado com esta política, e devido à necessidade urgente de reduzir custos e

Melhoria de processos produtivos numa empresa de produtos eletrónicos

melhorar processos produtivos, este projeto visa a melhoria contínua dos processos de CM-MS, de forma a contribuir para a sua competitividade.

Objetivos

Com este projeto de dissertação pretende-se desenvolver propostas de melhoria, e estudar a viabilidade da sua implementação na área produtiva da unidade de negócios de CM-MS, da *Bosch Car Multimedia Portugal S.A.*. A necessidade de reduzir custos e melhorar o aproveitamento das capacidades instaladas, a melhoria do modelo de instrução de trabalho e a simplificação do processo de controlo da produção na principal linha de montagem manual da área produtiva e nas respetivas células de montagem final são o foco principal deste trabalho. Assim, foram propostos os seguintes objetivos para esta dissertação:

- Reduzir custos de produção;
- Melhorar o modelo de instrução de trabalho para facilitar a sua compreensão por parte dos colaboradores;
- Simplificar o processo de planeamento e controlo da produção para a principal linha de montagem manual e para as respetivas células de montagem final, diminuir o tempo necessário para esta atividade e o stress associado;
- Diminuir o desperdício de sobreprodução e os níveis de inventário e melhorar o sincronismo entre a principal linha de montagem manual e as respetivas células de montagem final;
- Melhorar a gestão visual e a transparência dos processos;

Metodologia

Para desenvolver propostas de melhoria, é necessário primeiro adquirir os conhecimentos necessários sobre as metodologias existentes, de forma a realizar um bom trabalho. Como tal, numa fase inicial procedeu-se à recolha de informação sobre os temas inerentes a esta dissertação.

Após esta primeira fase, procedeu-se a uma análise geral ao sistema produtivo da unidade de negócios CM-MS, através da observação do fluxo produtivo e consulta de dados, de forma a melhor entender os processos produtivos, desperdícios observáveis, fluxos, ou seja, toda a dinâmica da área produtiva.

Relativamente aos projetos de melhoria apresentados, o procedimento iniciou-se com uma análise ao projeto, de forma a melhor entender o que se pretendia atingir e que dados seria necessário recolher. Após a recolha de dados, foram desenvolvidas as propostas de melhoria, e avaliada a

viabilidade da sua implementação. As propostas implementadas foram depois acompanhadas para avaliar os resultados obtidos, e fazer as correções necessárias.

Por fim, foram retiradas as conclusões do trabalho.

Estrutura da dissertação

Este relatório encontra-se dividido em sete capítulos. Neste primeiro capítulo, é feito um enquadramento ao tema da presente dissertação, são definidos os objetivos, é descrita a metodologia de trabalho utilizada e é apresentada a estrutura da dissertação.

No segundo capítulo é feita a revisão bibliográfica de forma a criar a fundamentação teórica para o tema da dissertação. No terceiro capítulo é feita uma breve apresentação da empresa, da sua filosofia e do *Bosch Production System*, o sistema de produção desenvolvido pela Bosch com base na metodologia Lean.

O quarto capítulo é constituído pela descrição do sistema produtivo de CM-MS, sendo também feita uma análise aos tipos de desperdícios identificados, de acordo com os 7 desperdícios definidos pelo BPS. No quinto capítulo são apresentados os trabalhos realizados. O sexto capítulo é constituído pelos resultados obtidos com os trabalhos realizados. No sétimo e último capítulo são apresentadas as conclusões deste trabalho e são também apresentadas sugestões de trabalhos futuros.

No final podem ser consultados os anexos com informação que suportou a realização desta dissertação.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Toyota Production System

A crise petrolífera de 1973, seguida por uma recessão, afetou praticamente toda a economia mundial. No ano seguinte, a economia japonesa colapsou, porém, a *Toyota Motor Company* conseguiu manter receitas consideráveis. Este fato fez as empresas em todo o mundo querer saber qual era a razão do sucesso da Toyota (Ohno, 1988). Tudo começou em 1894 quando Sakichi Toyoda, um pensador e inventor japonês, começou a produzir teares manuais, mais baratos e eficientes. Mais tarde, Toyoda desenvolveu teares automáticos e, em 1926, ele fundou a *Toyoda Automatic Loom Works*. Em 1929, Toyoda enviou o seu filho Kiichiro Toyoda para Inglaterra para negociar a venda da patente a uma empresa inglesa. Com o dinheiro ganho com a venda, Kiichiro Toyoda começou a *Toyota Motor Company*, em 1930 (J. Liker, 2004).

Nos primeiros anos, a empresa produzia veículos de baixa qualidade, obtendo pouco sucesso. Assim, os seus líderes decidiram fazer uma visita à Ford e à GM, para estudar o seu sistema produtivo. Porém, comparado com o mercado americano, o mercado japonês era demasiado pequeno e com exigências mais variadas, tornando insustentáveis os sistemas de produção em massa que visitaram. Estes sistemas de produção focavam-se na produção contínua de grandes quantidades de um único produto. Após a segunda grande guerra, o então presidente da Toyota, Eiji Toyoda, sobrinho de Kiichiro, fez nova visita a empresas automóveis americanas. Quando regressou, atribuiu ao então gestor da empresa, Taiichi Ohno, a tarefa de melhorar o processo produtivo da empresa de forma a atingir a mesma produtividade que observou nas empresas americanas. Porém, devido às diferentes características do mercado japonês, a Toyota precisava de produzir pequenas quantidades de diferentes modelos, de acordo com as exigências dos clientes. Taiichi Ohno tinha a tarefa de adaptar o sistema de produção da Ford, de forma a atingir alta qualidade, baixo custo, baixos *lead times* e flexibilidade (J. Liker, 2004; Roos, Womack, & Jones, 1991).

Ao longo dos anos, Ohno foi desenvolvendo e melhorando ferramentas e metodologias que se tornaram a base do TPS, como o sistema *kanban* para a produção *just in time*, nivelamento da produção, diminuição dos tempos de *setup*, operações padronizadas ou atividades de melhoria (Monden, 2011). Até que por volta da década de 1960, os princípios que definem o TPS e são a base da metodologia *Lean* foram finalizados. Assim, o grande objetivo do TPS é o aumento da eficiência

produtiva e a redução de custos, eliminando os vários tipos de desperdício identificados por Ohno, através da promoção de atividades de melhoria (Monden, 2011; Ohno, 1988; Roos et al., 1991).

Lean Production

O *Toyota Production System* desenvolvido por Ohno tornou-se a base da filosofia de produção *Lean*. A designação *Lean Production* foi introduzida por Roos, Womack, & Jones (1991) com o livro *The Machine That Changed The World*. Nele, os autores definiam *Lean* como um sistema de produção que combina as melhores características da produção em massa e da produção artesanal. Um sistema de produção que permite uma maior variedade de produtos, melhor qualidade, baixo custo e um trabalho mais satisfatório. Liker & Meier (2006) definem a filosofia de produção *Lean* como a redução de tempo entre o momento em que o cliente faz a encomenda, e esta é entregue, através da eliminação de desperdícios que não acrescentam valor. O resultado é um processo que entrega produtos de alta qualidade a baixo custo, no tempo exigido pelo cliente. Já Warnecke (1995) define *Lean* como um sistema de métodos e medidas que em conjunto têm o potencial para melhorar a competitividade, não só na produção, mas em toda a empresa.

Segundo Roos et al. (1991), Womack & Jones (2003) e Melton (2005), os principais benefícios que se pode obter com um sistema de produção *Lean* são a melhoria na produtividade, a diminuição de lead time, custos, e desperdícios, redução de acidentes de trabalho e do esforço humano, redução do espaço necessário, melhoria na compreensão dos processos, do fluxo de valor e das necessidades dos clientes, processos mais robustos (menos defeitos e menos retrabalho) e mão-de-obra flexível.

Aplicar um sistema de produção *Lean* é um passo muito importante para ajudar as empresas a ganhar vantagem competitiva no mercado. Porém, segundo Vienazindiene & Ciarniene (2013), estima-se que menos de 10% das empresas têm sucesso na sua implementação e manutenção. A participação da gestão de topo na implementação e nas atividades de melhoria contínua de forma a mostrar empenho e motivar todos os colaboradores, e uma boa comunicação durante e após a implementação de forma a tornar a informação clara e disponível, são aspetos fundamentais para o sucesso de um sistema de produção *Lean* (Dombrowski & Mielke, 2013; J. Liker & Meier, 2006; Worley & Doolen, 2006).

Desperdícios

Durante o desenvolvimento do TPS, Ohno identificou os 7 principais tipos de desperdícios, também conhecidos como os 7 *Muda's* (palavra japonesa para desperdício), que deviam ser reduzidos para melhorar a performance produtiva. Melton (2005) e Vienazindiene & Ciarniene (2013) definem como desperdício qualquer atividade que não acrescenta valor para o cliente. Porém, há atividades que não podem ser eliminadas porque, embora não acrescentem valor, são necessárias para o processo. Uma outra definição de desperdício apresentada por Suzaki (2010) é a de que desperdício é tudo aquilo que está para além da quantidade mínima de equipamento, materiais, peças, espaço e mão-de-obra, estritamente essenciais para acrescentar valor ao produto. Segundo Suzaki (2010), mais de 95% do tempo de um operário e mais de 95% do tempo que o material está em curso na fábrica não é utilizado para acrescentar valor. Melton (2005) apresenta valores idênticos: 35% do tempo é gasto em atividades que, embora não acrescentem valor, são necessárias, e 60% do tempo constitui desperdício total. De seguida, são apresentados os 7 *Muda's* definidos por Ohno (ver figura 1).

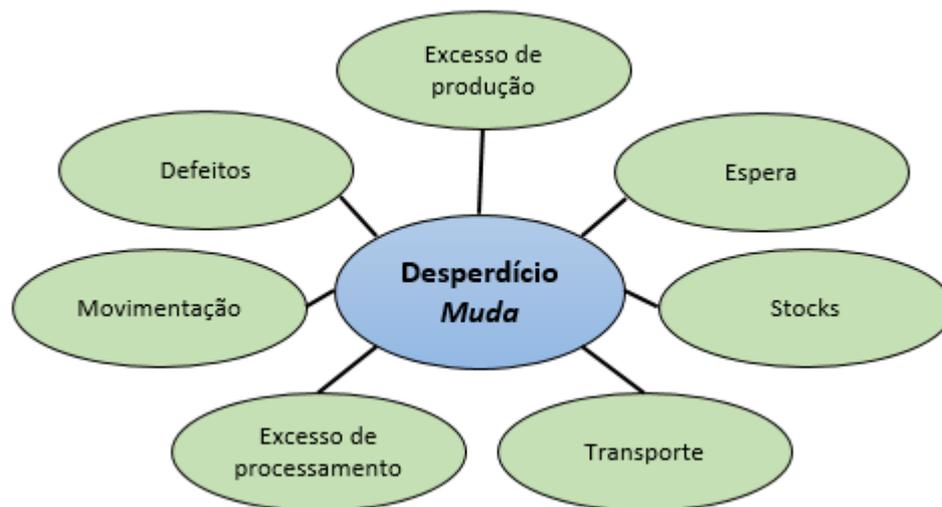


Figura 1 - Os 7 *Muda's*. Adaptado de Melton (2005)

- i. **Sobreprodução (excesso de produção)** – este é considerado como o pior de todos os desperdícios, uma vez que é a causa de praticamente todos os outros (ver figura 2). Ocorre devido à produção de bens para além da procura de mercado, muitas vezes apenas para não parar as máquinas nem os trabalhadores, para gastar os recursos existentes, ou devido ao excesso de recursos produtivos. A produção demasiado antecipada também é considerada como desperdício de sobreprodução;



Figura 2 - Problemas causados pela sobreprodução. Adaptado de Suzuki (2010)

- ii. **Espera** – este desperdício ocorre quando temos, por exemplo, operários a tomar conta de máquinas ou operários e/ou máquinas parados à espera do processo a montante ou do processo a jusante. Também pode ser causado por falta de material;
- iii. **Inventários** – este tipo de desperdício ocorre quando se produz em excesso, o que implica necessidade de mais mão-de-obra, espaço ou manuseamento. Também pode ser inventário de matérias-primas ou *work in process*, o que leva a longos *lead times*. A existência de inventários encobre a existência de outros problemas, pelo que a sua redução é um dos pontos de partida para a eliminação de desperdícios (ver figura 3);

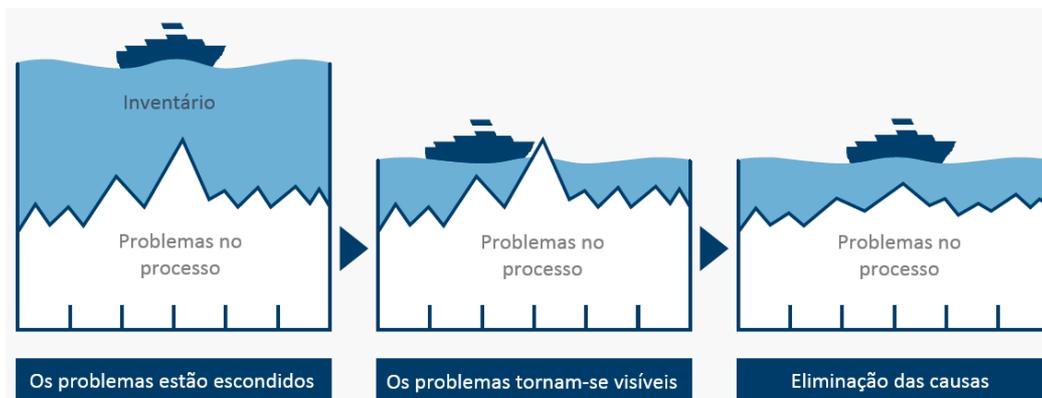


Figura 3 - Efeito da diminuição de inventário. Adaptado de Bosch (2013)

- iv. **Transporte** – este desperdício ocorre quando existe transporte de materiais para as linhas de montagem, ou entre processos. Pode ser causado, por exemplo, devido a um layout ineficiente que não favoreça o fluxo e crie a necessidade de transportar entre processos;
- v. **Sobreprocessamento (excesso de processamento)** – este desperdício ocorre quando um determinado passo de um processo não acrescenta valor ao produto, quando é necessário retrabalhar os produtos devido a defeitos, devido a processos ineficientes ou devido ao design do produto que requer operações de montagem desnecessárias;

- vi. Movimentação** – este tipo de desperdício ocorre quando o operador necessita de se movimentar para procurar ferramentas ou para transportar materiais, *work in process* ou matérias-primas. Layouts ineficientes ou má organização são a causa deste tipo de desperdício. Todas as movimentações que os colaboradores têm que realizar, para além daqueles que acrescentam valor ao produto são consideradas desperdício;
- vii. Defeitos** – a produção de unidades defeituosas leva à necessidade de realizar retrabalho e inspeção. Em casos mais graves, as unidades terão de ser sucata o que constitui uma perda total. Se os defeitos forem detetados pelo cliente, terá efeito na sua satisfação (J. Liker & Meier, 2006; Melton, 2005; Monden, 2011; Suzaki, 2010).

Para além destes 7 desperdícios Ohno (1988), acabou por considerar um oitavo desperdício: o não aproveitamento da criatividade dos colaboradores, das suas ideias para a resolução de problemas e das sugestões de melhoria (J. Liker, 2004). Já Monden (2011) considera como desperdício todo o capital investido em mão-de-obra, infraestruturas e ferramentas devido aos 7 desperdícios.

Princípios Lean

Para combater os 7 principais *muda's* identificados por Ohno, Womack & Jones (2003) defendem que a melhor arma é o pensamento Lean, que fornece uma forma de identificar o que representa valor, e fazer esse valor fluir sem interrupções quando o cliente desejar, sempre procurando melhorar os processos. Como tal, definiram um conjunto de 5 princípios, que são apresentados de seguida.

a) Especificar o Valor

O ponto inicial do pensamento Lean é a definição do que representa valor. Este apenas pode ser definido pelo cliente e apenas tem significado quando o produto atinge as suas necessidades (Womack & Jones, 2003).

b) Identificar o Fluxo de Valor

O fluxo de valor é o conjunto de ações necessárias para criar um produto. Quando se faz a identificação do que representa valor, é comum encontrar 3 tipos de ações que ocorrem ao longo da cadeia de valor: as ações que realmente acrescentam valor ao produto, as ações que embora não acrescentem valor são necessárias e por fim as ações que não acrescentam valor e que devem ser eliminadas (Womack & Jones, 2003).

c) Fluxo Contínuo

Após identificar o que realmente acrescenta valor ao produto, é necessário fazê-lo fluir da forma mais contínua e eficiente possível. Quando se pensa nas necessidades do produto, e se consegue produzir continuamente, desde a matéria-prima até ao produto acabado, temos um verdadeiro fluxo de valor. Ao ligar os diferentes processos, os problemas tornam-se evidentes, pelo que a criação de um fluxo contínuo ajuda a expor desperdícios existentes (J. Liker & Meier, 2006; Womack & Jones, 2003).

d) Sistema de Produção Pull

Num sistema de produção pull o cliente puxa a produção, em vez de ser o produtor a empurrar produto acabado que não atinge as necessidades do cliente. Fazer apenas o que o cliente quer, quando quer, nas quantidades por ele definidas e sem falhas na entrega é a ideia de um sistema de produção *pull* (J. Liker & Meier, 2006; Womack & Jones, 2003).

e) Perseguir a Perfeição

A perseguição da perfeição deve fazer parte da mentalidade de todos os colaboradores de uma empresa *Lean*. Isto significa que se deve procurar continuamente melhorar os processos. A posta em prática dos 4 princípios anteriores permite pôr a descoberto mais *mudas*, pelo que a melhoria contínua dos processos é uma ferramenta poderosa (Womack & Jones, 2003).

Ferramentas Lean – A casa TPS

Ao longo dos anos, muitas ferramentas e técnicas foram desenvolvidas de forma a auxiliar na implementação de um sistema de produção lean. Com o objetivo de criar uma ferramenta que facilitasse o ensino do TPS, Fujio Cho, discípulo de Ohno, desenvolveu a casa TPS, que se tornou um dos principais símbolos da filosofia de produção Lean (J. Liker, 2004). Existem diversas versões da casa TPS, mas os princípios são os mesmos. No topo estão representados os objetivos: melhor qualidade, baixo custo e curtos *lead times*. De seguida estão representados os dois principais pilares: *Just-In-Time* e *Jidoka*. No centro estão representadas as pessoas, e ferramentas que dão suporte ao sistema de produção. Por fim temos o trabalho padronizado, *kaizen* e *heijunka*, que servem de base e dão estabilidade ao sistema (J. Liker, 2004). Na figura 4 está representada uma versão da casa TPS.

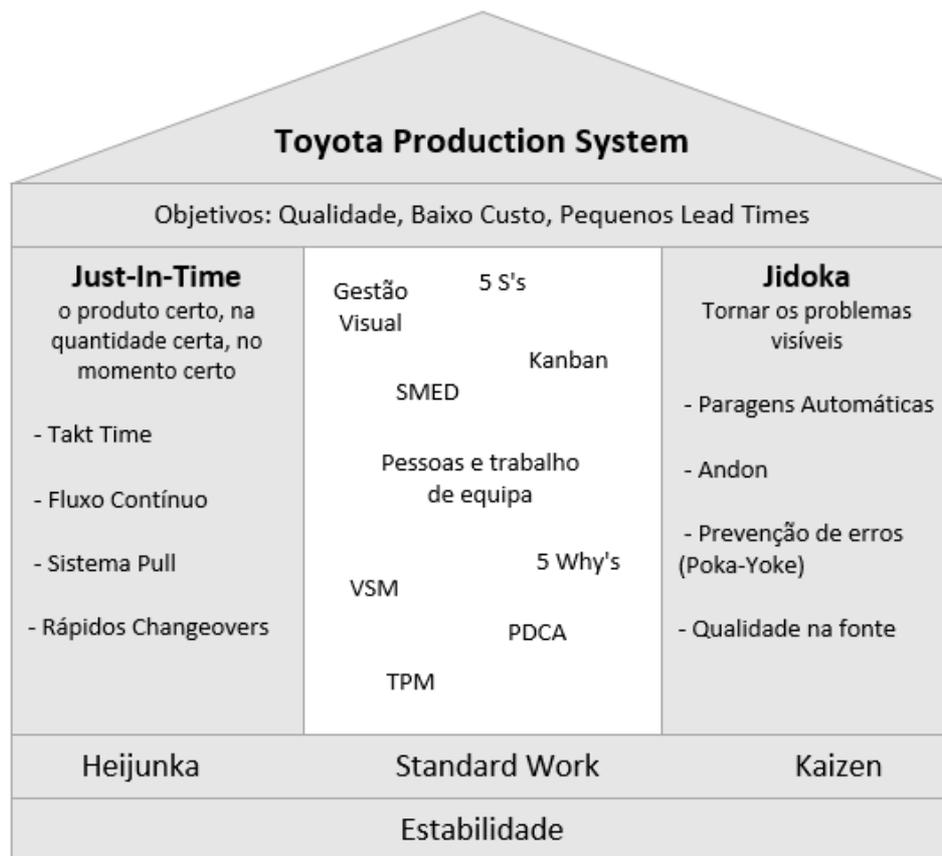


Figura 4 - Casa TPS. Adaptado de Liker (2004)

Just-In-Time

Produzir *Just in Time* (JIT) significa produzir apenas o que o cliente quer, na quantidade certa, no momento certo. O principal objetivo é atingir inventário nulo, não só na empresa, mas em toda a cadeia de abastecimento. É um conjunto de princípios ferramentas e técnicas que têm como principal vantagem a facilidade de resposta às variações de mercado (Danese, Romano, & Bortolotti, 2012; D. Hutchins, 1999; J. Liker, 2004). De seguida são explicados os principais princípios e ferramentas que apoiam a produção *Just-in-Time*.

- **Takt-Time**

Takt é uma palavra alemã que significa ritmo. O *Takt-Time* (TT) é representativo da procura do cliente, indicando de quanto em quanto tempo o cliente necessita de uma unidade, e por isso é a medida da capacidade necessária. É muitas vezes confundido com o tempo de ciclo que, embora tenha as mesmas unidades, representa a capacidade produtiva (Feld, 2002).

- **Fluxo Contínuo (*one piece flow*)**

Fluxo contínuo é um dos 5 princípios lean identificados por Womack e Jones, como já vimos anteriormente. Num ambiente de fluxo contínuo ideal, a produção é *one piece flow*, ou uma peça de

cada vez. Nesta situação, as partes de uma família passam todas pelo mesmo conjunto de processos, uma de cada vez, cumprindo o *FIFO (First In, First Out)*. Com *one piece flow*, cada operação faz apenas o que a operação seguinte necessita, quando necessitar, sem inventários entre processos. Desta forma é possível ter operações sincronizadas, o que permite visualizar *bottlenecks*, reduzir *lead times*, detetar e solucionar rapidamente defeitos ou diminuir inventários (Feld, 2002; J. K. Liker & Lamb, 2000).

- ***Pull System (kanban)***

Num sistema *pull* (puxado), o processo a montante apenas produz as unidades necessárias para repor as que foram retiradas pelo processo a jusante (Monden, 2011). De forma a controlar a produção entre processos e para implementar *JIT* Ohno desenvolveu o sistema *kanban* (Gross & McInnis, 2003). O sistema *Pull* será mais amplamente abordado no ponto 2.4.

- ***Rápidos Changeovers (SMED)***

A diminuição dos tempos de preparação das máquinas e materiais quando se altera a produção é bastante importante para se atingir a produção *JIT*. Desta forma surgiu a ferramenta *Single Minute Exchange of Die (SMED)*, com o objetivo de simplificar os procedimentos de preparação e melhorar a flexibilidade (Feld, 2002; Roos et al., 1991). É um conjunto de técnicas para diminuir o tempo de *setup*. De forma resumida, esta técnica consiste em classificar as tarefas de preparação em tarefas de *setup* interno, que são as tarefas que apenas podem ser realizadas com as máquinas e/ou o processo parado, e tarefas de *setup* externo, que podem ser realizadas com as máquinas e os processos a decorrer normalmente. O objetivo é tornar em *setup* externo o máximo de operações de *setup* interno de forma a diminuir o tempo de paragem para a realização do *setup* (Shingo, 1985).

Jidoka (Autonomation)

Jidoka é uma palavra japonesa que refere a ideia de nunca deixar um defeito passar para o processo seguinte. Este conceito é também conhecido como *Autonomation*, automação com um toque humano. O objetivo consiste em criar processos produtivos controlados capazes de detetar a ocorrência de defeitos e que possam parar o processo automaticamente. Desta forma previne-se que os produtos defeituosos fluam ao longo do processo e elimina-se a necessidade de ter trabalhadores a tomar conta das máquinas e a realizar inspeção a todas as unidades produzidas (Gao & Low, 2014; J. Liker, 2004; Monden, 2011).

- **Paragens Automáticas, Prevenção de Erros (*Poka-Yoke*) e Qualidade na Fonte**

De forma a tornar os processos produtivos capazes de detetar a existência de erros e parar imediatamente, sem que para isso seja necessário a presença de um colaborador “a tomar conta”, surgiu a ferramenta *Poka-yoke*. *Poka-yoke* é uma palavra japonesa que significa “à prova de erro”. São ferramentas projetadas para detetar erros e prevenir que eles se tornem defeitos. Os dispositivos *poka-yoke* são colocados de forma a impedir que o colaborador realize as operações de forma errada e que um produto passe para o processo seguinte sem ter passado corretamente num determinado teste, por exemplo. O grande objetivo dos dispositivos *poka-yoke* é prevenir os defeitos na fonte. Resolvendo os problemas de qualidade na fonte, é possível realizar significativas poupanças de tempo e dinheiro ao longo da cadeia de valor. Habilitar os colaboradores e os processos com a capacidade de detetar, parar e resolver problemas é importante para atingir a qualidade na fonte (Feld, 2002; J. Liker, 2004; J. Liker & Meier, 2006).

- **Andon**

O sistema *Andon* foi desenvolvido na Toyota de forma a criar uma ferramenta que disponibilizasse informação em tempo real sobre a ocorrência de problemas. Consistia numa corda colocada por detrás de cada colaborador, e de cada vez que ocorria algum problema o colaborador puxava a corda e a produção era interrompida assim que todos os colaboradores tivessem realizado totalmente as suas tarefas, para não deixar operações a meio. Quando a corda era puxada, um sinal sonoro era emitido e um sinal visual aparecia num monitor a indicar o local do problema, para que o supervisor pudesse tomar as ações corretivas necessárias (Harris & Harris, 2008). Atualmente, os sistemas *andon* já são mais sofisticados, com controlos eletrónicos em vez da tradicional corda utilizada pela Toyota.

Heijunka

Heijunka é uma palavra japonesa que se refere a um sistema de produção mais suavizada, também conhecido como Produção Nivelada. É uma condição muito importante para um sistema de produção *Pull*, oferecendo maior estabilidade nas quantidades a produzir, o que favorece o fluxo contínuo. Permite ainda que a produção se adapte rapidamente a flutuações na procura (D. C. Hutchins, 2008; Monden, 2011; Roos et al., 1991). Este tema será ainda abordado no ponto 0.

Standardized Work

Segundo Ortiz (2006) *Standardized Work* é a forma mais eficiente, mais segura e mais prática de realizar o trabalho. É um método altamente organizado que assegura que os procedimentos são realizados corretamente e consiste na realização de documentos que descrevem a sequência de operações a realizar num determinado posto de trabalho (Monden, 2011; Womack & Jones, 2003). Esta é considerada a base para a melhoria contínua dos processos, uma vez que a padronização torna os processos estáveis, e só assim é possível identificar desvios, perceber o porquê da sua ocorrência e realizar melhorias (Gao & Low, 2014; J. Liker, 2004; Spear & Bowen, 1999).

Kaizen

Kaizen é uma palavra japonesa que significa melhoria contínua. É uma filosofia que enfatiza a importância do envolvimento dos colaboradores de todos os níveis da empresa na procura diária por melhorias. *Kaizen* deve ser integrada nas atividades do dia-a-dia, com o foco na eliminação de desperdícios, criação de *standards* e manutenção de um local de trabalho limpo e organizado. O sucesso de *kaizen* vem das pessoas e das suas ideias e ações. (Farris, Van Aken, Doolen, & Worley, 2008; Glover, Liu, Farris, & Van Aken, 2013; Masaaki Imai, 1986; Ortiz, 2006).

- **Ciclo PDCA**

O ciclo PDCA, também conhecido por ciclo Deming-Shewhart para a melhoria contínua, é a ferramenta mais utilizada quando se realizam atividades *kaizen*. Na figura 5 podemos ver a representação das 4 fases do ciclo PDCA. Essas 4 fases são:

1. *Plan* (P) – desenvolvimento de um plano de ação;
2. *Do* (D) – consiste na implementação da melhoria/solução para o problema;
3. *Check* (C) – recolha e análise de dados para avaliar os resultados obtidos;
4. *ACT* (A) – consiste na realização de melhorias e realização da padronização dos novos procedimentos (Bell, 2005; M. Imai, 1997).

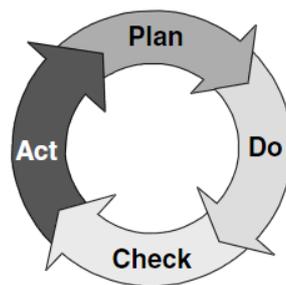


Figura 5 - Ciclo PDCA (Bell, 2005)

Ferramentas de suporte de um sistema de produção Lean

Os princípios que constituem os pilares e a base da casa TPS são suportados por várias ferramentas, que constituem o centro da Casa TPS. Algumas dessas ferramentas já foram apresentadas, pois estão diretamente relacionadas com os princípios apresentados nos pontos anteriores. De seguida são descritas mais algumas ferramentas essenciais para a implementação e manutenção de um sistema de produção Lean.

- **5 S's**

Os 5S's são 5 palavras japonesas que, postas em prática, criam um local de trabalho limpo, seguro e organizado (Feld, 2002). Os 5 S's são:

- *Seiri* – Organização – separar as ferramentas necessárias daquelas que não são necessárias. Arrumar as ferramentas que não são necessárias, pois podem ser a fonte de erros ou tempo gasto à procura da ferramenta correta;
- *Seiton* – Sistematização – criar e identificar um local para cada ferramenta, colocando à mão as ferramentas mais utilizadas;
- *Seiso* – Limpeza – manter o local de trabalho limpo e organizado. Ajuda a prevenir acidentes e erros;
- *Seiketsu* – Padronização – definir padrões de trabalho, de arrumação e limpeza do posto de trabalho;
- *Shitsuke* – Auto disciplina – praticar regularmente os 4 S's anteriores e realizar controlo visual (Feld, 2002; Ortiz, 2006).

- ***Value Stream Mapping (VSM) e Value Stream Design (VSD)***

Value Stream Mapping é uma ferramenta que consiste na representação de todo o fluxo de material e informação ao longo de toda a cadeia de valor, desde o cliente ao fornecedor, através de um conjunto de símbolos. Para além de permitir visualizar toda a cadeia e o fluxo de valor, permite também visualizar todas as atividades que podem ou não acrescentar valor, tempos de ciclo, *work in process*, *lead time* e onde existe desperdícios. Por sua vez a ferramenta *Value Stream Design* permite criar diagramas de fluxo do “estado futuro” da situação representada no VSM após a implementação de melhorias e a eliminação de desperdícios. Deve ser representado o que se vai fazer, os objetivos mensuráveis, e prazos reais para avaliações (J. Liker & Meier, 2006; Rother & Shook, 2003).

No Anexo VII podem ser consultados os símbolos utilizados ao longo deste trabalho nos diagramas de fluxo desenhados segundo estas ferramentas.

- **Gestão Visual**

Gestão visual consiste na habilidade de andar pelo chão de fábrica e, em pouco tempo, conhecer o estado das operações, os desvios existentes, como se encontra o fluxo de material, que produtos estão a ser feitos e o que vai ser feito de seguida. Para tal, é necessário que exista um conjunto de sinais como displays com informação sobre a produção, sobre a existência de anormalidades ou métricas sobre o estado atual do chão de fábrica. Tem como objetivo tornar os processos mais transparentes, visualizáveis e tornar mais fácil a deteção de defeitos (Feld, 2002; Gao & Low, 2014).

- **5 Why's**

Perguntar cinco vezes “Porquê?” (*Why?*) era um hábito de Ohno, quando um problema surgia. Desta forma, a causa raiz do problema é encontrada e solucionada, em vez de se resolver apenas o sintoma (Melton, 2005).

- **Total Productive Maintenance**

Total Productive Maintenance ou manutenção produtiva total é uma ferramenta que visa a maximização da eficiência dos equipamentos e a promoção da manutenção preventiva. Os equipamentos são uma peça fundamental de um sistema produtivo, e tornam-se ainda mais importantes num sistema de produção lean, onde os níveis de *wip* e inventários são mínimos. Como tal, o *buffer* existente para paragens não planeadas como avarias de máquinas é mínimo. Assim, torna-se de importância vital realizar manutenção preventiva para aumentar a fiabilidade das máquinas (Feld, 2002; Suzaki, 2010).

- **Sistema de Sugestões**

Como já foi referido, Ohno considerava como o oitavo desperdício o não aproveitamento da criatividade dos colaboradores, das suas ideias para a resolução de problemas e das sugestões de melhoria. De forma a contrariar este desperdício, as empresas que implementam um sistema de produção lean devem criar sistemas de sugestões com incentivos para que os seus colaboradores participem ativamente no processo de melhoria contínua (J. Liker & Meier, 2006).

Pull System

Nas exigências do mercado atuais, os clientes querem produtos nos prazos por eles estabelecidos, nas quantidades por eles definidas, e com as características por eles determinadas. A resposta óbvia a estas exigências é ter um armazém de produto acabado para responder atempadamente às necessidades dos clientes e às variações da procura. Porém, nestes casos os inventários são geralmente baseados em previsões de procura, e podem não preencher os requisitos dos clientes, o que resulta em inventário de produto acabado que ninguém quer, e clientes insatisfeitos. Este tipo de abordagem consiste na produção *push*, em que a produção é empurrada desde o primeiro processo até à finalização do produto. (Bonney, Zhang, Head, Tien, & Barson, 1999; J. Liker & Meier, 2006).

A abordagem lean para esta questão é a produção *pull*. Liker (2004) define *pull* como o estado ideal da produção *just-in-time*: entregar ao cliente o que ele quer, quando ele quer, e na quantidade que ele quer, sem necessidade de criar inventário. Segundo Bonney et al (1999) num sistema *pull* as atividades de um processo são acionadas por um *kanban* emitido pelo processo seguinte. Para controlar o fluxo de informação e materiais num sistema *pull* é comum utilizar-se os cartões *kanban*, desenvolvidos por Ohno para o TPS. Para além disso, para que se consiga sustentar este sistema é necessário nivelar a produção (*Heijunka*), padronizar as operações de trabalho, diminuir tempos de *setup* e realizar atividades de melhoria. Como é normal acontecerem quebras no fluxo produtivo, existirem flutuações na procura e haver processos produtivos complexos, acaba por ser necessário criar inventários, que podem ser mantidos em níveis aceitáveis e controlados através do nivelamento da produção e da criação de supermercados. Assim, com um sistema *pull* é possível ter inventários mínimos de produto que cumpre o requisito do cliente (Gross & McInnis, 2003; J. Liker & Meier, 2006; Monden, 2011).

Kanban

Num sistema *pull*, a produção num determinado processo só se inicia quando é recebido um sinal do processo a jusante com essa indicação. Nada é produzido sem a indicação do cliente, sendo que o sinal emitido controla a quantidade de *work in process* existente ao longo da cadeia de valor (Feld, 2002). *Kanban* é uma ferramenta utilizada para atingir a produção *just-in-time*, criando o mínimo de inventário. Consiste num sinal visual, geralmente um cartão, que indica o que produzir e que quantidades produzir e que circula entre os processos produtivos, conectando-os. Desta forma é possível produzir baseando-se nas necessidades do cliente em vez de produzir baseando-se em previsões (Gross & McInnis, 2003; Romano, Santillo, & Zoppoli, 2008). Segundo Monden (2011) o

sistema *kanban* é um sistema de informação que controla as quantidades produzidas em cada processo. Já Melton (2005) define *kanban* como um sinal que suporta o fluxo, puxando a produção à medida que o cliente requer produto acabado.

A quantidade de *kanbans* existentes no sistema vai determinar a quantidade de *work in process*. O número de *kanbans* necessário é dependente do tempo de reabastecimento, ou seja, o tempo que um *kanban* demora a percorrer todo o circuito até regressar ao ponto inicial, das flutuações na procura, dos tempos de *changeover* e da eficiência do sistema produtivo (Feld, 2002; Gross & McInnis, 2003).

Na figura 6 temos o exemplo de um cartão *kanban*. A informação essencial que deve estar presente num cartão é a identificação do produto e a quantidade que o cartão representa. Para além desta informação pode ser ainda colocada outra informação considerada relevante. (Gross & McInnis, 2003).



Figura 6 - Exemplo de um cartão *kanban*

Na figura 7 está representado de forma simples o funcionamento de um sistema *kanban*. Quando o cliente final retira uma unidade do supermercado de produto acabado, um *kanban* é enviado para o processo a montante a indicar que é necessário produzir uma unidade para repor no supermercado. Por sua vez, esse processo produtivo irá enviar outro *kanban* para o processo produtivo a montante a indicar que precisa de uma unidade para trabalhar, e assim sucessivamente ao longo da cadeia de valor.

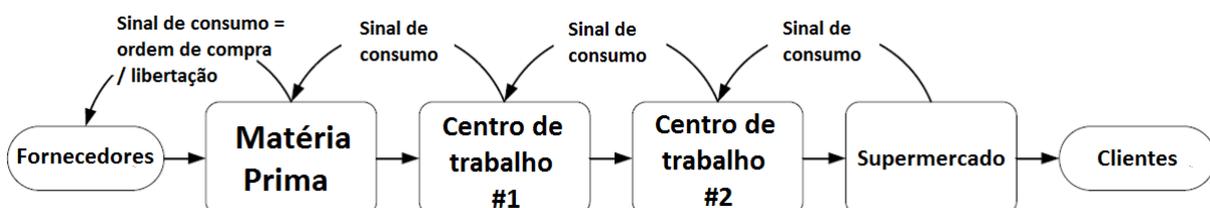


Figura 7 - Fluxo de *kanbans* num sistema produtivo. Adaptado de Bell (2005)

Nivelamento da produção (*Heijunka*)

Como já foi dito no ponto 0, *Heijunka* é uma condição muito importante para um sistema de produção *pull*. Consiste no nivelamento da produção por volume e *mix* de produtos, ou seja, no desenvolvimento de um padrão de produção para um determinado período de tempo, para minimizar os efeitos negativos de um *changeover*, estabilizar as quantidades a produzir e criar um fluxo contínuo que se adapte a flutuações na procura (Bell, 2005; J. Liker, 2004; J. Liker & Meier, 2006). Segundo Harris & Harris (2008), o nivelamento da produção é uma das melhores formas de eliminar desperdícios, porque evita a sobreprodução, diminui os inventários, diminui o *lead time* e expõe outros tipos de desperdícios. Na tabela 1 podemos observar um exemplo simples de nivelamento da produção a partir das quantidades totais necessárias para um período de 8 dias.

Tabela 1 - Exemplo de nivelamento da produção. Adaptado de J. Liker & Meier (2006).

Produto	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8
A	250	250	250	250	250	250	250	250
B	220	220	220	220	220	220	220	220
C	210	210	210	210	210	210	210	210
D	256	0	256	0	256	0	256	0
E	0	250	0	250	0	250	0	250
F	150	0	150	0	150	0	150	0
G	0	240	0	0	0	240	0	0
H	0	0	0	180	0	0	0	180
I	180	0	0	0	180	0	0	0
J	0	0	140	0	0	0	140	0
Outros	59	155	99	215	59	155	99	215
Total	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325
Objetivo	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325	1325

Supermercado e *FIFO Lane*

Ao longo da cadeia de valor, pode haver zonas onde o fluxo contínuo não é possível, e é necessário criar lotes de *work in process*. Esta situação pode ser causada por processos que produzem para mais do que um processo a jusante, processos com localizações que não permitem o fluxo contínuo, ou processos com longos *setups*. Nestes casos, para ligar os processos é comum criar-se um supermercado. Um supermercado é um armazém de materiais e *work in process* localizado junto do local de consumo, para que o processo seguinte possa “puxar” os materiais e *work in process* que necessitar (Gross & McInnis, 2003; Rother & Shook, 2003).

Na figura 8 podemos observar o funcionamento básico deste tipo de supermercados. Quando o processo a jusante retira uma determinada quantidade de um produto do supermercado, um *kanban* é enviado para o processo a montante a indicar que é necessário produzir a mesma quantidade do mesmo produto, para repor no supermercado.

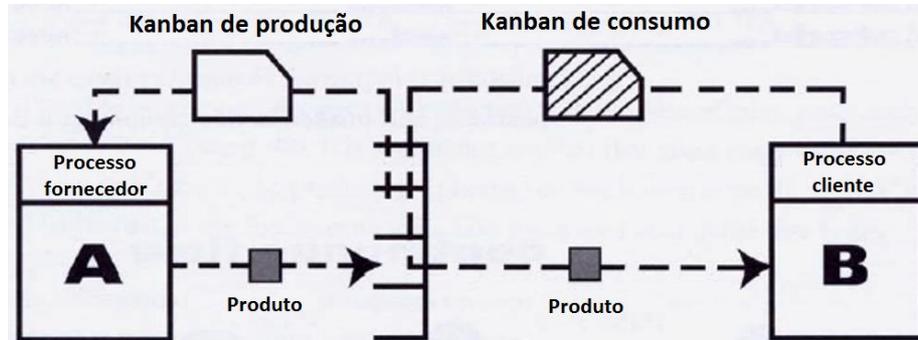


Figura 8 - Princípio de funcionamento de um supermercado. Adaptado de Rother & Shook (Rother & Shook, 2003)

Num supermercado o fluxo contínuo é quebrado e o processo a montante trabalha com lotes, seguindo o nivelamento da produção. Em qualquer supermercado bem gerido, os produtos são repostos nas prateleiras à medida que as suas quantidades diminuem, ou seja, a reposição de material é iniciada pelo seu consumo. Esta abordagem permite controlar as quantidades de *wip* entre os processos, e fornecer instruções precisas de produção para os processos a montante (J. Liker, 2004; Romano et al., 2008).

Quando não é prático manter um supermercado *pull* porque os produtos têm um curto período de vida ou porque são produtos com pouca produção, ou então quando a relação entre os processos a montante e a jusante é de um para um, ou seja, quando o processo a montante produz apenas para um processo a jusante, a alternativa passa por uma *FIFO Lane*. Uma *FIFO Lane* consiste num inventário sequenciado segundo o *FIFO* (*first in first out*), para onde o processo a montante produz e de onde o processo a jusante retira. Se o inventário atingir o *wip* máximo, o processo a montante deixa de produzir até que o processo a jusante retirar da *FIFO Lane*. Na figura 9 está representado um exemplo de *FIFO Lane*: é dada a indicação ao processo a montante sobre o que produzir e quanto produzir; o processo a montante abastece a *FIFO Lane* pela parte detrás e o processo a jusante retira pela parte da frente, cumprindo assim o *FIFO* (Romano et al., 2008; Rother & Shook, 2003).

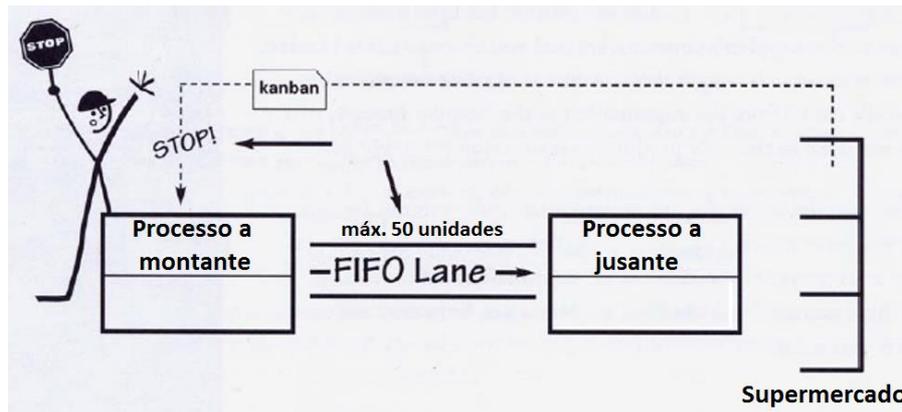


Figura 9 - Exemplo de uma FIFO Lane. Adaptado de Rother & Shook (Rother & Shook, 2003).

CONWIP

No seu trabalho “*CONWIP: a pull alternative to kanban*”, Spearman, Woodruff, & Hopp (1990) introduzem um novo sistema de produção baseado no sistema *pull*, chamado *CONWIP* (*Constant Work In Process*). Este sistema tem os mesmos benefícios de um sistema *kanban*, ou seja, baixos *lead times* e reduzidos níveis de inventário. Mas segundo os autores que, citando Hall (1981), dizem que o sistema *kanban* é um sistema para produção repetitiva que não funciona em ambientes controlados por ordens de produção, o sistema CONWIP pode ser aplicado a uma maior variedade de ambientes de produção.

Como o sistema *kanban*, o sistema CONWIP baseia-se em sinais que podem ser cartões ou sinais eletrónicos. Por exemplo, num sistema produtivo constituído por apenas uma linha de produção, no sistema CONWIP o cartão percorre toda a linha, sempre anexado a um *container*. Quando todo o conteúdo do *container* é produzido, no fim da linha, o cartão é removido e volta para o início da linha, onde será novamente anexado a outro *container*. Ao contrário de um sistema *kanban* onde o cartão é usado como sinal de produção de um *part number* específico, no sistema CONWIP o *part number* é que é anexado ao cartão no início da linha, sendo que o cartão é usado para controlar o *work in process* no sistema produtivo. Desta forma, o número de cartões existentes no sistema é limitada à quantidade máxima de *wip* permitido. A produção em todo o sistema é realizado de acordo com o plano de produção, e não de acordo com o sinal emitido pelo processo seguinte (Spearman et al., 1990).

Uma vez que a quantidade de cartões no sistema é limitada pela quantidade máxima de *wip* permitida, a produção de um *container* só se realiza se houver cartões disponíveis. Assim que o *wip* máximo é atingido, a produção no processo a montante é interrompida até que haja um cartão livre, ou seja, até que um *container* seja consumido. O cálculo da quantidade de cartões (*wip* máximo) deve

garantir que o *bottleneck* está sempre a trabalhar e que o *lead time* é o mínimo possível. Em resumo, comparando com o sistema *kanban*, no sistema CONWIP a sequência de produção é determinada pelo plano da logística, os cartões não são usados para indicar a produção de um determinado *part number* mas sim para limitar a quantidade de *wip* no sistema, e a produção só se realizar se houver um cartão que a autorize (Spearman et al., 1990).

BOSCH CAR MULTIMEDIA PORTUGAL S.A.

A *Bosch Car Multimedia Portugal S.A.* iniciou a sua atividade em Portugal no ano de 1990, na cidade de Braga, sendo a principal fábrica da divisão *Car Multimedia* do grupo Bosch. Na figura 10 estão representadas as instalações da empresa.



Figura 10 - Bosch Car Multimedia Portugal S.A. (Braga, 2012)

A produção da empresa é essencialmente direcionada para a área automóvel, embora também produza para outras áreas, como a área de termo tecnologia (TT).

Ao longo deste capítulo será feita a apresentação da *House of Orientation*, que serve como base para a constante procura por sucesso da empresa e do *Bosch Production System*, uma adaptação da metodologia Lean às necessidades da Bosch.

House of Orientation

Desde a sua fundação em 1886, o grupo Bosch tem sido bem-sucedido devido ao seu pioneirismo e às suas soluções úteis e inovadoras. Porém, este sucesso depende da boa comunicação e da boa preparação de todos os colaboradores do grupo, de forma a assumirem a sua responsabilidade na procura pelo sucesso (Bosch, 2005). Desta forma, surgiu a *House of Orientation*, que define a forma como o grupo Bosch vê o futuro e os princípios que estão por detrás dos processos, e dá orientação sobre os procedimentos e valores que motivam o esforço diário por sucesso e melhoria. Como podemos ver na figura 11, a *House of Orientation* é composta por 5 alicerces:

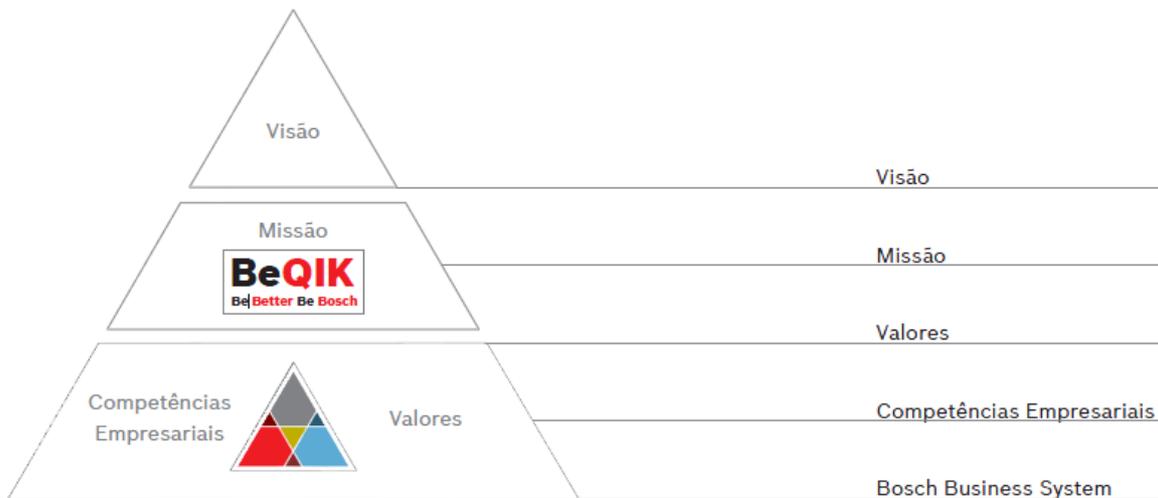


Figura 11 - House of Orientation (Bosch, 2005)

- **Visão** - *Onde queremos ir. O que queremos ser.*

Como empresa líder em tecnologias e serviços, o objetivo da Bosch é melhorar a qualidade de vida com soluções úteis e inovadoras (Bosch, 2005).

- **Missão** – *Como trabalhamos em conjunto.*

BeQIK, BeBetter, BeBosch. Estes são os 3 princípios que formam a linha de orientação da Bosch, como ilustra a figura 12 (Bosch, 2005).



Figura 12 – Missão (Bosch, 2005)

- *BeQIK* – Qualidade (Q), Inovação (I) e Orientação ao Cliente (K);
 - *BeBetter* – Busca constante pela melhoria contínua;
 - *BeBosch* – Oferta de produtos de ponta em todo o mundo.
- **Valores** – *Sobre o que contruímos. O que nos impulsiona.*

Os valores são os fundamentos base do sucesso do passado e sobre os quais a Bosch constrói o seu futuro. Orientação para o Futuro e os Resultados, Responsabilidade, Iniciativa e Determinação, Abertura e Confiança, Seriedade e Honestidade, Confiabilidade, Credibilidade e Legalidade, e Diversidade Cultural são os valores nos quais a Bosch se baseia (Bosch, 2005).

- **Competências empresariais** – *O que sabemos.*

As Competências empresariais são a base para o futuro desenvolvimento da empresa. Essas competências são: Visão estratégica a longo prazo, Força inovadora, Processos eficientes, Qualidade e credibilidade, Desenvolvimento dos colaboradores e Presença internacional (Bosch, 2005).

- **Bosch Business System (BBS)** – *Como nós aprendemos. Como ficamos à frente.*

O BBS surgiu como resposta à necessidade de uma metodologia capaz de conduzir, orientar, direcionar e fortalecer a visão, a missão, os valores e as competências empresariais. É, portanto, o responsável pela implementação dos 4 alicerces da *House of Orientation* anteriormente apresentados. Como demonstra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, o BBS é constituído por 3 subsistemas principais (BPS, BES e BSS) e pelos processos de suporte (Bosch, 2005).

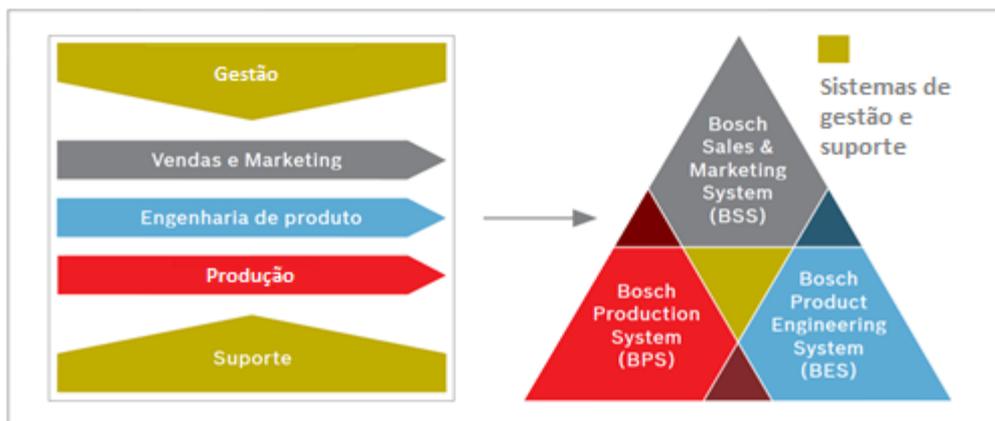


Figura 13 - Processos constituintes do BBS. Adaptado de Bosch (2005).

Bosch Production System

Como um dos 3 subsistemas do *Bosch Business System*, o *Bosch Production System* é uma sistemática que orienta e constitui os processos de agregação de valor, desde a fase de desenvolvimento do produto, até à sua entrega ao cliente. Tem como objetivo prevenir a ocorrência de desperdícios durante a produção, e em todos os processos operacionais pertinentes. Surgiu em 2002, após uma análise profunda do *Toyota Production System* e de sistemas de produção de outras empresas (Bosch, 2005, 2013).

A Visão do BPS

O grande objetivo do BPS é o cumprimento das encomendas dos clientes, evitando a produção de desperdícios desde a fase de desenvolvimento do produto até à sua entrega, de forma a assegurar

lucro e crescimento para a empresa, no longo prazo. Para tal, o BPS define 7 tipos de desperdícios (Bosch, 2013):

- i. Sobreprodução;
- ii. Inventário excessivo;
- iii. Espaço;
- iv. Movimentações de colaboradores;
- v. Transporte de materiais e produtos;
- vi. Tempos de espera;
- vii. Defeitos / retrabalho.

Em relação aos 7 *Muda's* identificados por Taiichi Ohno, o BPS considera também como desperdício o espaço ocupado por inventário criado por sobreprodução e layouts ineficientes que não favorecem o fluxo de produção (desperdício n° 3). Por sua vez, podemos também dizer que o BPS congrega os *Muda's* de excesso de processamento e de defeitos como um só, considerando que o excesso de processamento se deve à má qualidade e/ou defeitos dos produtos que acabam por ter de ser retrabalhados (desperdício n° 7).

Princípios BPS

De forma a promover a cooperação entre os vários departamentos no desenvolvimento de um processo sustentável, sem desperdícios e capaz de cumprir as encomendas dos clientes, o BPS define 8 princípios, apresentados de seguida.

i. Sistema *Pull*

Em toda a cadeia de valor, a produção e a logística apenas entram em ação quando existe um pedido do cliente, quer este seja interno ou externo (Bosch, 2013).

ii. Prevenção de falhas

O grande objetivo do BPS é atingir a meta de zero defeitos. A aposta na prevenção é a melhor forma de evitar que os defeitos ocorram (Bosch, 2013).

iii. Orientação para o processo

Todos os processos, desde o desenvolvimento até à entrega do produto ao cliente, devem ser desenvolvidos e melhorados como um todo em vez de melhorar apenas funções individuais (Bosch, 2013).

iv. Flexibilidade

Ser capaz de se adaptar rapidamente às necessidades dos clientes é uma grande vantagem de uma empresa competitiva. A Bosch é capaz de realizar esta adaptação de forma rápida e fácil em termos de *set-up* de máquinas e organização do trabalho (Bosch, 2013).

v. Padronização

Um *standard* define o melhor procedimento para um processo. Desta forma é possível tornar visíveis os desvios que ocorrem e definir melhorias, com novos *standards*. Assim é possível atingir condições estáveis e processos controlados (Bosch, 2013).

vi. Transparência

Na Bosch, os processos de negócio e de produção são projetados e documentados de forma inteligível, simples e compreensível, de forma a criar clareza e rapidamente identificar e corrigir desvios dos objetivos. Transparência também significa que cada colaborador conheça as suas tarefas e objetivos, e que essa informação esteja disponível, facilmente compreensível e visualizada claramente (Bosch, 2013).

vii. Melhoria Contínua

Parar significa dar um passo atrás. Por isso, os colaboradores estão sempre a esforçar-se por melhorar os processos. Através da melhoria contínua é possível trabalhar consistentemente na prevenção de desperdícios e atingir processos controlados e fidedignos (Bosch, 2013).

viii. Responsabilidade pessoal

Todos os colaboradores Bosch são chamados a contribuir para o sucesso da empresa. Tarefas, competências e responsabilidades são claramente atribuídas dentro de cada processo e cada um está consciente dos seus deveres e do seu contributo para o sucesso global da empresa (Bosch, 2013).

A Unidade de Negócios CM-MS

Como já foi referido no início deste capítulo, a gama de produtos da *Bosch Car Multimedia* baseia-se principalmente em produtos da área automóvel, embora também tenha outros produtos, como os produtos de termo tecnologia (TT), por exemplo. Com o objetivo de tornar a empresa mais competitiva em outras áreas para além da área automóvel, foi criada a unidade de negócios de CM-MS, cuja gama atual de produtos baseia-se nos produtos TT. Foi nesta unidade de negócios que se realizou todo este trabalho.

CM-MS é responsável por todo o processo produtivo dos seus produtos e tem a sua própria área produtiva, como será explicado mais à frente. Assim como toda a empresa, a estrutura organizacional de CM-MS divide-se em duas áreas: área comercial e área técnica. A área comercial é responsável pela logística, pelas vendas e cotações de novos produtos. Por sua vez, a área técnica é constituída por 3 equipas: TEF, ENG e QMM. A equipa de TEF é responsável pela engenharia de produção, a equipa de ENG é responsável pela engenharia do produto, e a equipa de QMM é responsável pela gestão da qualidade e assistência ao cliente.

DESCRIÇÃO E ANÁLISE DO SISTEMA PRODUTIVO

A área produtiva da *Bosch Car Multimedia Portugal S.A.* está dividida em 2 pisos. O piso superior é constituído pelas máquinas de inserção automática, onde se realiza a inserção automática de componentes nos PCB's (*Printed Circuit Board*) e também é constituído por algumas linhas e células de montagem final de produtos. No piso inferior encontram-se todas as restantes linhas e células de montagem final de produtos. É no piso inferior que se encontram as linhas de montagem manual e as células de montagem final de CM-MS.

Produtos de Termo Tecnologia

A unidade de negócios CM-MS, que é o foco deste projeto, é responsável pela produção de 13 famílias de produtos. Cada variante de cada família é representada por um *part number* de 10 dígitos (8737.703.818, por exemplo), o que, tendo em conta as 13 famílias, totaliza centenas de produtos fabricados na área produtiva de CM-MS. Na figura 14 estão representados alguns dos produtos de CM-MS. O trabalho realizado na área produtiva de CM-MS consiste em fazer a montagem manual de alguns componentes nas placas de circuito impresso, e depois fazer a montagem da placa no seu dispositivo controlador. Estas unidades são depois enviadas para os clientes, que as aplicam no produto final. Na sua maioria os produtos de CM-MS são controladores de caldeiras, esquentadores e painéis solares.



Figura 14 - Alguns dos produtos de CM-MS

Situação inicial do sistema produtivo

Na fase inicial deste projeto, a área produtiva de CM-MS era constituída por 3 linhas de montagem manual, 13 células de montagem final, 4 bancadas de reparadores e uma bancada de pré-preparações, distribuídas pelos dois pisos da área produtiva da empresa. Praticamente todas as linhas e células estavam localizadas no piso inferior, à exceção de uma linha de montagem manual, que se situava no piso superior. Em Fevereiro de 2014 houve uma reorganização de layout de toda a área produtiva da *Bosch Car Multimedia Portugal S.A.*, sendo que em CM-MS, este momento foi aproveitado para fazer algumas melhorias no layout das suas linhas. A linha de montagem manual que se situava no piso superior foi deslocada para o piso inferior, pelo que toda a área produtiva de CM-MS passou a localizar-se no piso inferior. Também foi possível eliminar uma célula de montagem final.

Fluxo Produtivo

De uma forma muito genérica, o fluxo em CM-MS, ilustrado no *value stream mapping* da figura 15 inicia-se com a receção das necessidades dos clientes pelos responsáveis da logística. A logística é responsável por fazer o planeamento da produção, que é enviado para as linhas de montagem manual, sendo que o departamento responsável pela inserção automática também é informada das necessidades de *pcb's*. Seguindo o plano, a produção inicia-se nas linhas de montagem manual, que recebem os *pcb's* provenientes da inserção automática através de um *milk-run*. Após a montagem manual, segue-se a montagem final, onde os *pcb's* são montadas nos seus dispositivos. Depois a produção é enviada para a expedição que envia os produtos para o cliente.

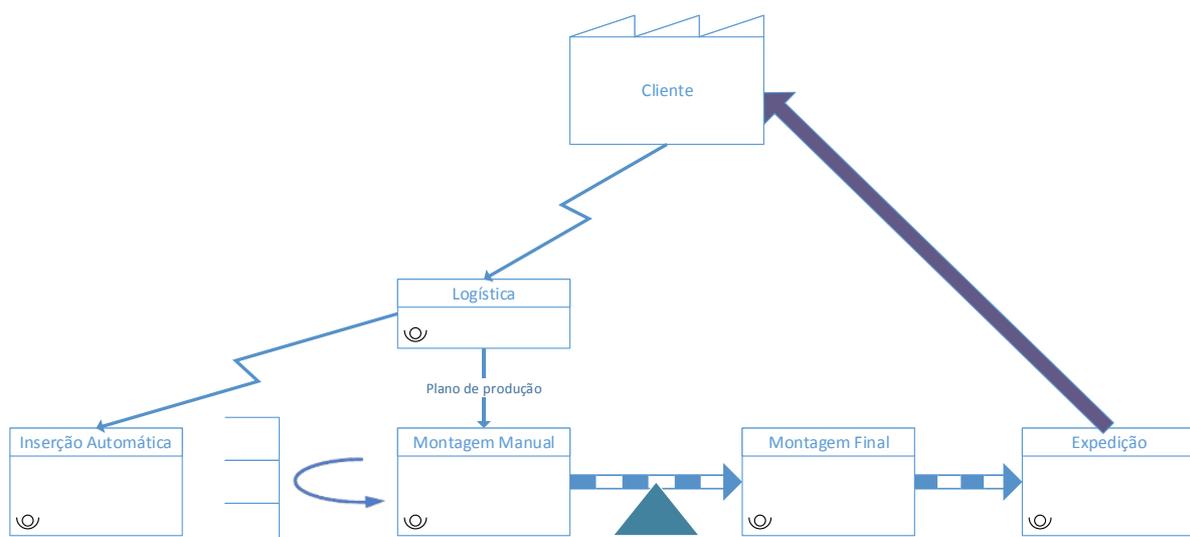


Figura 15 - VSM geral do fluxo produtivo

Nas várias linhas de montagem manual, assim como nas células de montagem final, as atividades executadas são idênticas para todos os produtos, embora características específicas de alguns deles possam determinar a necessidade de outras atividades. Assim, na figura 16 está ilustrado o fluxo produtivo nas linhas de Montagem Manual. Por sua vez, na figura 17 está ilustrado o fluxo produtivo nas células de Montagem Final. Todo este fluxo será explicado de seguida.

Melhoria de processos produtivos numa empresa de produtos eletrônicos

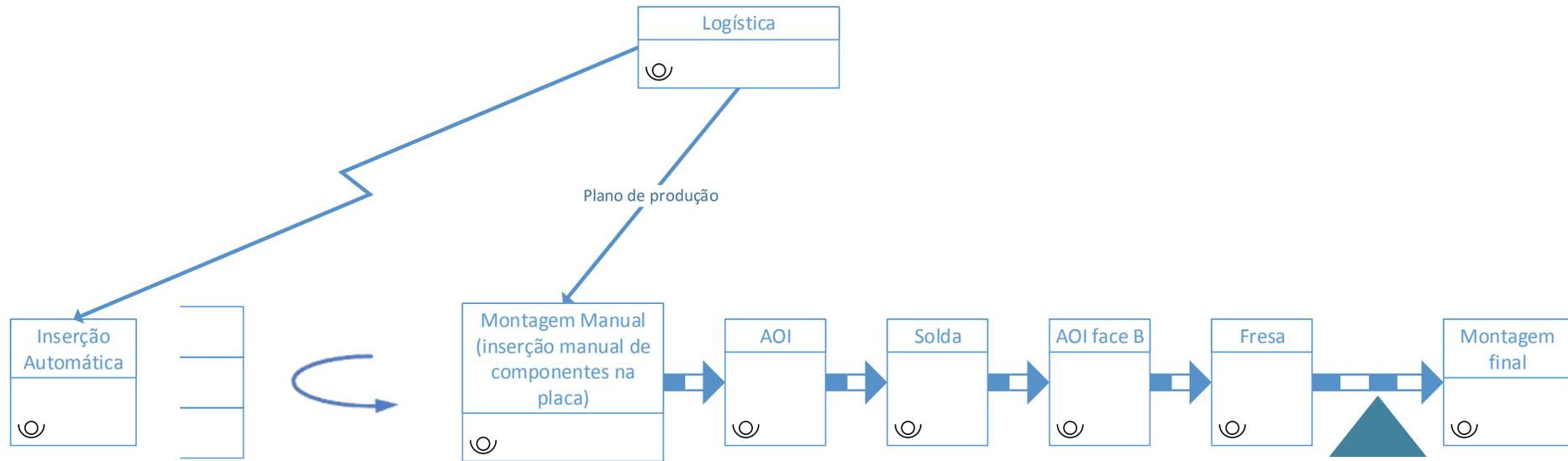


Figura 16 - Fluxo produtivo nas linhas de Montagem Manual

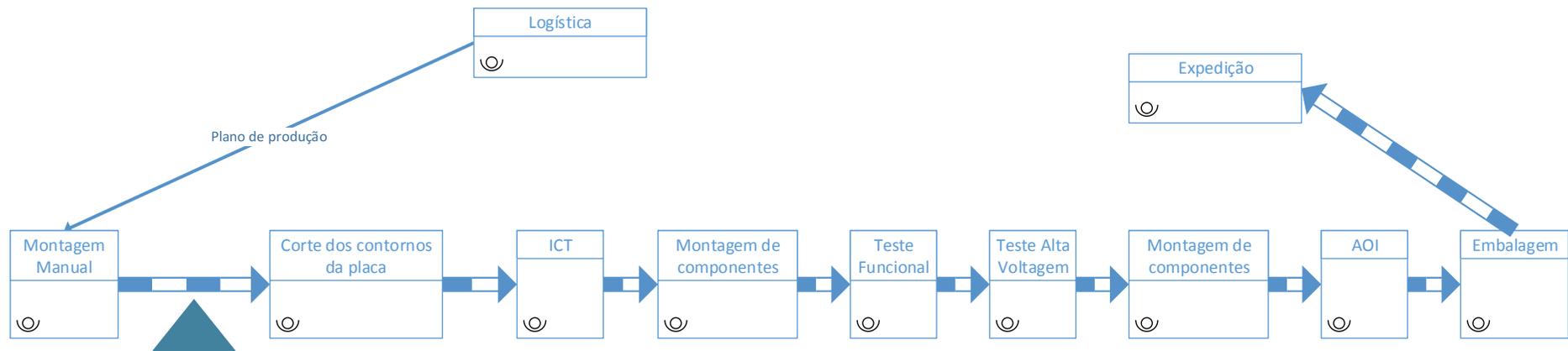


Figura 17 - Fluxo produtivo nas células de Montagem Final

O fluxo produtivo de CM-MS inicia-se com a chegada de *containers* com 12 ou 24 placas *nutzen* às linhas de montagem manual, como os que podemos observar na figura 18. Estes *containers* são provenientes de outra divisão da empresa responsável pela inserção automática de componentes nas placas nuas, sendo que o departamento responsável pela inserção automática não pertence a CM-MS. Dependendo do produto em questão, cada placa *nutzen* pode ser constituída por 1, 2 ou 4 PCB's, como ilustra a figura 19.



Figura 18 - Container de transporte de placas *nutzen*



Figura 19 - À esquerda, placa *nutzen* com 1 PCB; à direita, placa *nutzen* com 4 PCB's

O abastecimento à linha é realizado através de rampas ou carrinhos colocados junto ao primeiro posto de montagem manual. O colaborador deste posto, retira as placas do *container* e coloca-as no *conveyor* da linha, dando início à colocação manual dos componentes. Em cada posto, os colaboradores inserem nas placas os componentes indicados nas respetivas instruções de trabalho. No final da linha, outro colaborador é responsável por colocar as placas em caixilhos como o da figura 20, que circulam noutra *conveyor*.



Figura 20 - Caixilho de transporte de placas

Os caixilhos com as placas passam primeiro pelo AOI (*automatic optical inspection*) da manual que verifica se a placa tem todos os componentes colocados, e se estes estão corretamente colocados. Após o AOI, os componentes são soldados num processo de solda por ondas. No final do *conveyor* um colaborador retira as placas dos caixilhos e coloca num outro AOI, chamado AOI face B, que faz a verificação da solda. Após esta verificação, as placas são fresadas. Aqui acaba o processo de montagem manual, e as placas são colocadas em *containers* ou caixas para serem colocadas no inventário ou para serem transportadas para as células de montagem final.

Nas células de montagem final os processos realizados são comuns à maioria dos produtos. Esses processos são a prensa de corte para remover os contornos das placas, ICT (*In Circuit Test*) que testa o circuito elétrico da placa, teste de alta voltagem, teste funcional e novamente AOI, desta vez para verificar se o produto está corretamente montado. Existem ainda outros processos como o *downloader* que faz a programação da placa ou o teste de calibração. Para além destes processos, nas células de montagem final são também realizadas todas as atividades de montagem do produto como a colocação da placa na carcaça, montagem de componentes e aparafusamento.

Todo o trabalho realizado, tanto na montagem manual como na montagem final, corresponde a um balanceamento previamente realizado e descrito nos ficheiros de trabalho *standard*. Nas linhas manuais e nas células de montagem final as instruções de trabalho estão descritas nas “Instruções de Funcionamento e Controlo” colocadas em cada posto de montagem.

Organização da área produtiva

Na figura 21 estão representadas as 3 linhas de montagem manual da área produtiva de CM-MS. Destas 3, a linha de montagem manual 3MM1 é a mais complexa, sendo constituída por 3 braços e capaz de produzira até 3 produtos em simultâneo. No total, a 3MM1 é responsável pela montagem manual de 4 das 13 famílias de CM-MS, incluindo o segundo e terceiro *high runners*. Um *high runner* é

um produto cujo volume de vendas representa uma parte significativa das vendas de uma empresa. As duas outras linhas de montagem manual são a 3MM2 e a 3MM3 identificadas também na figura 21. A linha 3MM2 é constituída por 1 braço e é dedicada inteiramente à produção do principal *high runner* de CM-MS. Por sua vez, a linha 3MM3 também é constituída por apenas 1 braço e é dedicada à produção das restantes 8 famílias de CM-MS.

Na figura 21 estão também identificadas as 11 células de montagem final. A célula 3F17 é dedicada à produção do principal *high runner*. As células 3F23 e 3F27 são as responsáveis pela produção dos outros dois *high runners* de CM-MS. A produção dos restantes produtos está distribuída pelas restantes células, havendo células capazes de produzir 2 famílias de produtos e famílias que são produzidas em 2 células. Existem ainda 4 bancadas de reparadores que fazem a reparação de placas e produtos das linhas de montagem manual e das células de montagem final das zonas adjacentes. Por fim, a bancada de pré-preparações, identificada na figura 21 como 3F28 faz a preparação de componentes como sacos de acessórios de alguns produtos.

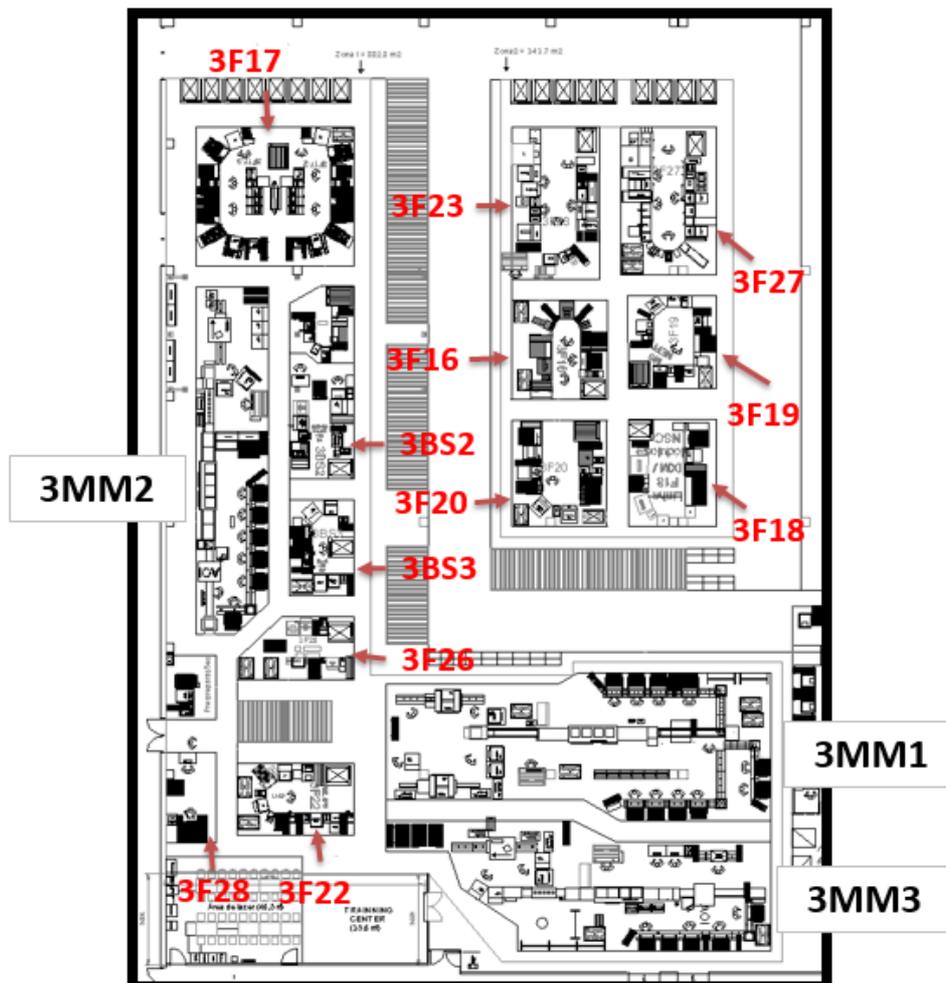


Figura 21 - Layout da área produtiva de CM-MS

Desperdícios no sistema produtivo

Como qualquer sistema produtivo, a unidade produtiva de CM-MS apresenta vários tipos de desperdícios, uns mais evidentes do que outros. São estes desperdícios que a Bosch, através do BPS, visa eliminar. Ao longo dos próximos pontos, será feita uma descrição dos desperdícios encontrados no sistema produtivo de CM-MS, de acordo com os 7 desperdícios definidos pelo BPS.

Sobreprodução

Este tipo de desperdício verifica-se principalmente nas linhas de Montagem Manual 3MM1 e 3MM3. Uma vez que estas linhas são responsáveis pelo abastecimento de várias células de montagem final, e não têm capacidade para produzir todos os produtos em simultâneo, a solução passa por produzir com demasiado adiantamento, de forma a garantir que há sempre placas para abastecer as células de montagem final. Uma vez que não existe uma sistemática para um melhor planeamento e controlo da produção, é comum existir este tipo de desperdício.

Inventários

O facto de as linhas de montagem manual 3MM1 e 3MM3 produzirem com demasiado adiantamento para prevenirem falhas no abastecimento das células de montagem final, acaba por criar inventários desnecessários, o que constitui desperdícios.

Espaço

Uma vez que não existem uma metodologia clara para o planeamento e controlo da produção, e a solução passa por criar níveis excessivos de inventário, o espaço ocupado por esse inventário excessivo pode ser considerado como desperdício.

Movimentação de colaboradores

Para realizar o seu trabalho, os colaboradores têm à sua disposição, em cada posto de montagem manual e final, todas as ferramentas e materiais necessários. Porém, quando ocorrem defeitos e é necessário levar a placa ou produto semiacabado ao reparador, são os colaboradores das linhas que fazem esse transporte, interrompendo a produção.

Por sua vez, na linha 3MM2, quem devia fazer o abastecimento de *containers* ao carro de abastecimento à linha era o colaborador que conduz o *milk run*. Porém, o carro de abastecimento não tem capacidade para ter a quantidade de placas necessárias para cobrir o ciclo de 20 minutos do *milk run*. Deste modo, a colaboradora do primeiro posto da montagem manual tem de sair do seu posto de

trabalho para ir buscar *containers* ao inventário existente na manual e colocar no carro de abastecimento à linha, mais uma vez interrompendo assim a produção.

Para abastecer as células de montagem final com placas provenientes das linhas de montagem manual é comum os colaboradores que trabalham no final das linhas de montagem manual, ou mesmo os colaboradores das células, terem de abandonar o seu posto para se deslocarem aos inventários e realizar o abastecimento, interrompendo outra vez a produção. Isto não aconteceria se fossem criados *standards* e responsáveis para a realização deste abastecimento.

Transportes de materiais e produtos

Também da mesma forma que no ponto anterior se considera a movimentação dos colaboradores para levar unidades aos reparadores desperdício de movimentação de colaboradores, também o podemos considerar desperdício de transporte, uma vez que este pode ser evitado prevenindo a ocorrência de defeitos. A necessidade de transporte de *containers* com placas desde as linhas 3MM1 e 3MM3 para o inventário e daí para as células de montagem final é também desperdício de transporte que pode ser diminuído através de um melhor planeamento e controlo de produção, e da criação de *standards* para o abastecimento das células.

Tempos de espera

A distribuição balanceada do trabalho pelos vários postos das várias linhas de montagem manual e células de montagem final tem como objetivo, diminuir ao mínimo o desequilíbrio entre os diferentes postos e eliminar os tempos de espera por parte dos colaboradores. De uma forma geral, os tempos de espera por parte de colaboradores podem ocorrer quando: o ritmo de trabalho dos colaboradores é significativamente diferente, o que acentua as diferenças no balanceamento e provoca esperas; falhas no abastecimento de material; máquinas com tempo de operação superior ao tempo de ciclo do operador; avarias nas máquinas; *changeovers* demorados. Para além destas situações, os tempos de espera ocorrem em postos que, embora sejam necessários, têm um tempo de operação bastante baixo em relação aos restantes postos. Um exemplo são os postos de colocação das placas nos caixilhos, após a montagem manual dos componentes, onde o colaborador deste posto tem de esperar ou por placas da montagem manual ou por caixilhos para colocar as placas. Também os colaboradores que realizam a paletização podem ter tempos de espera para que uma célula complete uma paleta de produto acabado.

Defeitos/retrabalho

A existência de bancadas de reparadores espelha a necessidade diária de reparar placas ou produtos semiacabados devido a defeitos como soldas frias, erros de montagem ou componentes defeituosos. Após a reparação, pode haver necessidade de as unidades serem retrabalhadas. Por exemplo, uma unidade de produto semiacabado que vai para o reparador e tem de ser desmontada, quando regressar à linha de montagem final vai ter de repetir algumas ou até todas as operações de montagem final. Também por vezes, as máquinas indicam defeitos que são chamados de “rejeições indevidas”, uma vez que na realidade não existe nenhum defeito. Estas unidades têm de voltar a ser colocadas nas máquinas para refazer o teste, até passar corretamente. A outra situação em que pode ocorrer retrabalho devido a defeitos ocorre quando se encontra um defeito num determinado componente que não é controlado, o que pode obrigar a realizar retrabalho em vários lotes de unidades.

TRABALHOS DE MELHORIA

Redução de custos com preparação de componentes

No âmbito deste trabalho, e também no âmbito de um projeto de CM-MS que visava a redução de custos com a preparação externa de componentes, foi realizado um estudo para verificar a viabilidade da introdução da montagem de um conjunto na linha de Montagem Manual 2 (3MM2). O conjunto alvo deste estudo consiste num fusível e no seu suporte, e a atividade de montagem realizada numa empresa externa, consiste em encaixar o fusível no suporte. Este conjunto é depois encaixado num conetor previamente colocado na placa, sendo estas tarefas realizadas na linha de Montagem Manual 2. Com esta atividade pretende-se eliminar o custo de preparação deste conjunto, sem aumentar o tempo de ciclo dos produtos onde é colocado, para não perder capacidade produtiva.

Para verificar a viabilidade da introdução da preparação do conjunto na linha 3MM2 foi necessário recolher dados sobre o tempo de ciclo dos vários postos de trabalho existentes. A linha 3MM2, ilustrada na figura 22, é constituída por 6 postos sentados (posto 1 a 6 da figura 22) onde os colaboradores fazem a inserção manual de componentes nas placas provenientes da inserção automática, e por um posto de pé (posto 7 da figura 22) onde o colaborador pega na placa e coloca no caixilho que transporta a placa pela máquina de solda.

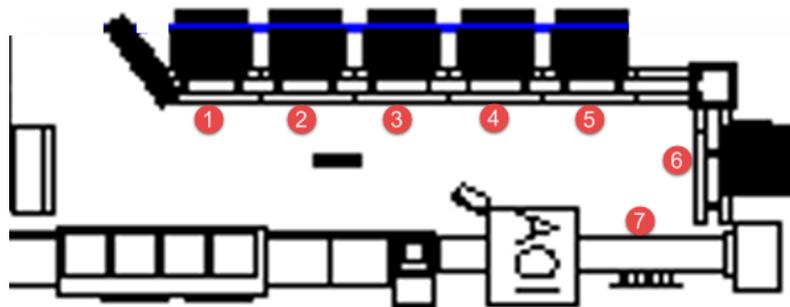


Figura 22 - Linha de Montagem Manual 3MM2

Através da simulação da montagem do conjunto e da sua colocação na placa, foi possível verificar que esta atividade demora cerca de 9 segundos a ser realizada. Uma vez que a família produzida nesta linha é constituída por várias dezenas de variantes, e o conjunto alvo deste estudo entra em todas essas variantes, selecionaram-se os produtos com maior volume de produção para fazer a recolha de dados. Antes de fazer medições dos tempos de ciclo dos 6 postos de montagem manual, consultaram-se os ficheiros de *standard work* dos produtos selecionados. Pela análise destes ficheiros foi já possível verificar que não seria possível incluir a montagem do conjunto em nenhum dos

6 postos. Isto foi confirmado através dos dados recolhidos durante as medições, resumidos na tabela 2, e que podem ser consultados no Anexo I. Através da figura 23 é possível verificar que a diferença entre os tempos de ciclo dos diferentes postos não é suficiente para introduzir a preparação do conjunto em nenhum deles.

Tabela 2 - Resumo das medições efetuadas

Produto	T. Ciclo Máx	T. Ciclo Mín.	Preparação do conjunto	Posto com T.C. mínimo + preparação do conjunto
8737 703 818	21,64 s	17,15 s	9,00 s	26,15 s
8737 703 196	20,41 s	17,90 s		26,90 s
8737 703 814	31,26 s	23,33 s		32,33 s
8737 704 365	32,77 s	24,52 s		33,52 s
8737 704 341	26,99 s	23,04 s		32,04 s

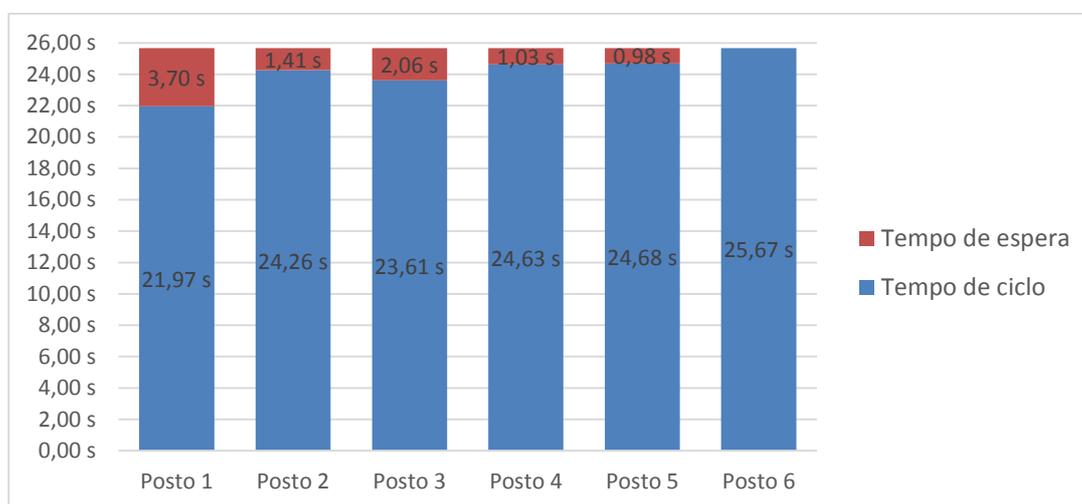


Figura 23 - Gráfico resumo do tempo de ciclo dos 6 postos de montagem manual da linha 3MM2

Uma vez que já era previsível não ser possível colocar a montagem do conjunto em nenhum dos 6 postos, também foi medido o tempo de ciclo do posto de colocação de placas no caixilho, uma vez que já era conhecida a existência de tempos de espera elevados neste posto. Neste posto o colaborador tem de abrir o calçador do caixilho, colocar duas placas e fechar o calçador. Através das medições efetuadas foi possível verificar que o tempo de ciclo deste posto é de cerca de 9,75 segundos. Como está ilustrado na figura 24, o colaborador espera em média cerca de 16 segundos por ciclo. Este tempo é suficiente para realizar a montagem do conjunto e encaixar no conetor.

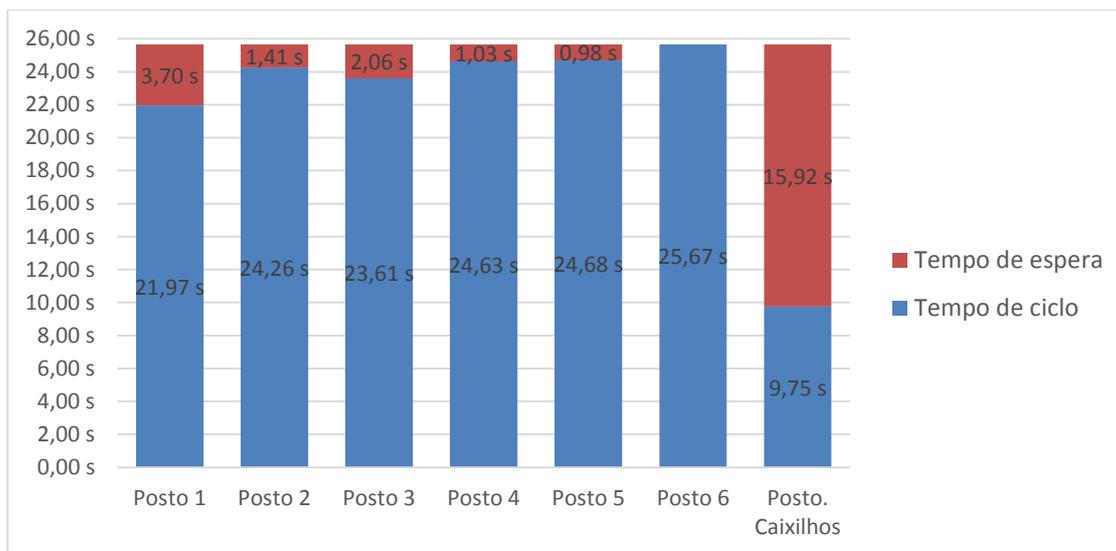


Figura 24 - Gráfico resumo do tempo de ciclo dos 7 postos da linha 3MM2

Após apresentar os resultados às chefias ficou decidido que seria neste posto que o conjunto seria montado.

Uma vez que o conjunto era colocado num dos 6 postos de montagem manual e com esta alteração passou a ser colocado no posto de colocação das placas nos caixilhos, o posto de montagem manual onde era colocado o conjunto passou a ter menos um componente para colocar. Assim, quando esta alteração foi implementada, foi necessário ajustar o balanceamento da linha para que um dos postos não tivesse constantemente tempos de espera. Este ajuste do balanceamento foi ainda aproveitado para colocar no último posto de montagem manual um componente (condensador) que era colocado nos primeiros postos. O transporte das placas entre os postos é realizada por um conveyor, e com a paragem da placa em cada posto era comum este condensador cair. Assim, o operador tinha de colocar o componente novamente em posição, aumentando ao tempo de ciclo, e não havia garantia de que, chegando ao posto seguinte, o componente não cairia novamente. A solução encontrada foi passar o componente para o último posto de montagem manual. Após a implementação desta alteração este problema também foi resolvido.

Redefinição do modelo de instrução de trabalho

Com o objetivo de facilitar o trabalho de todos os colaboradores que utilizam ou manuseiam instruções de trabalho, a produção sugeriu que se reformulasse o modelo de instrução de trabalho. No modelo em vigor até então, ilustrado na figura 25, o procedimento para a criação de uma instrução de trabalho consistia em criar a instrução num ficheiro Excel com as margens de impressão pré-definidas. Para além das margens pré-definidas, este ficheiro já tem o cabeçalho definido, uma caixa para

instruções de qualidade e o rodapé, onde é colocada diversa informação como a edição, data de edição, autor, número de produto, identificação da instrução, etc. Com toda esta informação, apenas sobra pouco mais de meia folha para colocar as instruções de trabalho. Nesta área, para além da definição da sequência de montagem, é colocada também a mão com que se deve realizar o procedimento, o número de peça, a prateleira/rampa onde o material está colocado e fotos relacionadas com o procedimento. Após construir a instrução de trabalho, ela é impressa numa folha com as margens já impressas, o que obriga a que, ao imprimir a instrução, o seu autor tenha de colocar o papel próprio na impressora e obriga também a ter inventário deste tipo de papel.

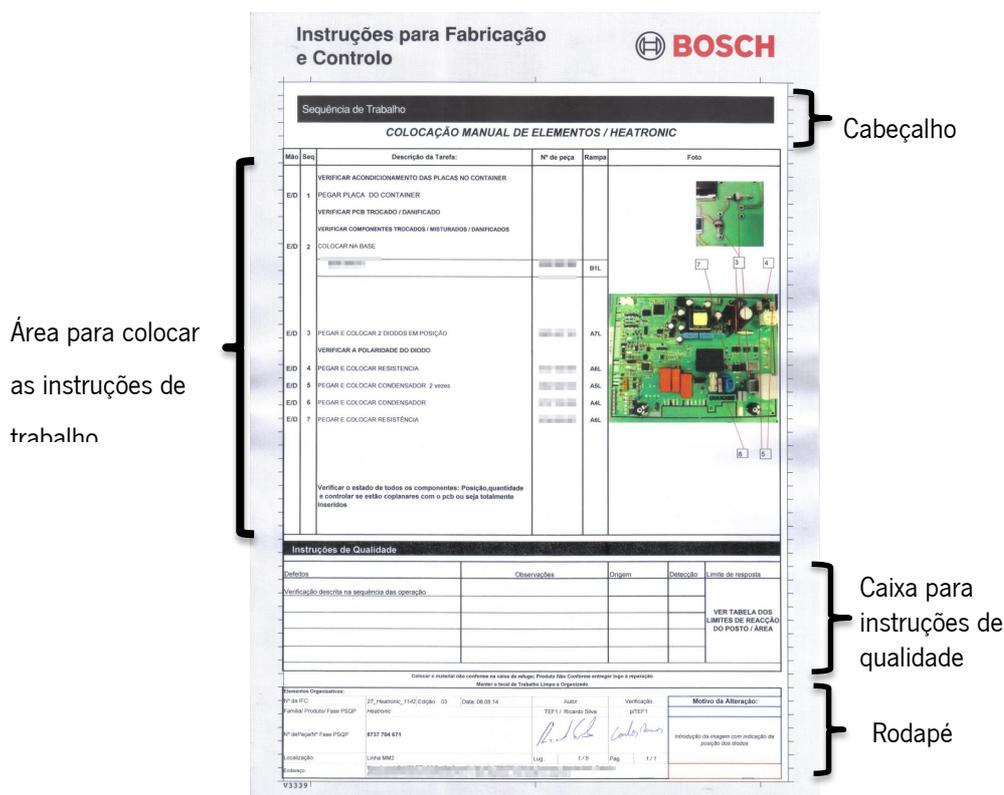


Figura 25 - Modelo antigo de instrução de trabalho

Como principais pontos fracos deste modelo de instrução de trabalho, identificados pelos colaboradores das linhas, responsáveis da produção e autores de instruções de trabalho, tempos:

- Pouco espaço para definir a sequência de montagem e colocar a informação relacionada, o que obriga a utilizar um tamanho de letra pequeno. Como consequência, os colaboradores das linhas de montagem têm dificuldade em interpretar as instruções;
- Espaço estreito para colocar fotos relacionadas com as instruções, pelo que, mais uma vez, os colaboradores têm dificuldade em interpretar as instruções;
- No rodapé, por vezes também há dificuldade em verificar o *part number* ao qual se refere a instrução;

- Dificuldade em verificar o número da instrução, presente no rodapé, principalmente quando há postos onde existem bastantes instruções de trabalho;
- Ao construir a instrução, o ajustamento das margens para evitar criar outra página, podia desformatar o tamanho da impressão, prejudicando ainda mais a perceção da informação;
- Necessidade de comprar papel pré-preparado para a impressão de instruções;
- Necessidade de trocar de papel na impressora quando se pretende imprimir as instruções.

De forma a melhorar todos estes pontos fracos, foi desenvolvido um novo modelo de instrução de trabalho, ilustrado na figura 26. Neste modelo, os pontos melhorados foram:

- As margens de impressão e os contornos (a cinzento na figura 26) estão já definidos, sendo que o autor da instrução não deve alterar as margens de impressão nem os contornos, para não desformatar o ficheiro;
- Com este novo modelo, a impressão é realizada em folha A4 lisa, deixando de haver necessidade de utilizar papel pré-preparado;
- Diminuição do tamanho do cabeçalho e eliminação do quadro de instruções de qualidade, uma vez que as instruções de qualidade são colocadas ao longo da sequência de montagem;
- O rodapé manteve-se, uma vez que é obrigatório, mas o campo com a indicação do *part number* do produto passou a ter tamanho de letra definido (18) para facilitar a identificação do produto, por parte dos colaboradores das linhas de montagem;
- Aumento do espaço para definir as instruções de montagem e para a colocação das fotos, sendo este o principal ganho deste novo modelo. As instruções de montagem passaram a ter tamanho de letra definido (16) para que seja fácil a sua visualização;
- Colocação no canto superior direito ou esquerdo do número da instrução de trabalho. Nos postos onde existe uma grande quantidade de instruções, normalmente está colocado um índice que aponta para o número da instrução. Assim, a colocação do número da instrução no canto superior direito ou esquerdo facilita a identificação da instrução.

Área para colocar
as instruções de
trabalho

Instruções para Fabricação e Controlo **BOSCH 5 504**

Sequência de Trabalho
HEATRONIC HT3 RATIO / COLOCAÇÃO MANUAL DE ELEMENTOS

Ido/Seq	Descrição da Tarefa	Nº Peça	Tempo	Foto
	Verificar Componentes trocados, misturados ou danificados			
DIE 1	Pegar e colocar 2 condensadores	ASL		
DIE 2	Pegar e colocar condensador	ATL		
DIE 3	Pegar e encaixar conjunto chapa dissipadora			
DIE 4	Pegar e colocar ficha régua de contatos 4 polos	AZL		
	Verificar se os componentes não estão defeituosos e se estão corretamente inseridos. Ver tabela dos limites de reação do postor/área.			

Colocar o material não conforme na caixa de rejeito. Produto não conforme entregar logo à reparação. Manter o Local de trabalho limpo e organizado

Elementos Organizativos:

Nº de EC	127_Heatronic_7504	Edição 04	Data 11.05.2014	Auto	Validação
Grande Produto/Fase PFGP	Heatronic HT3 Ratio			CM-MS-TEC/Ricardo Silva	3º CM-MS-TEC
Nº do Projeto/Fase PFGP	8737 703 818			<i>[Assinatura]</i>	<i>[Assinatura]</i>
Localização	Linha 3MM1	Log	95	Fp	1/1

Motivo de Alteração:
Alteração de distribuição

Figura 26 - Modelo proposto de instrução de trabalho

Uma vez que a quantidade de instruções de trabalho existentes é elevada, a passagem do modelo antigo para este novo modelo vai sendo realizada de forma gradual, à medida que as instruções vão sendo modificadas. Instruções novas são já realizadas no novo modelo. No Anexo II podem ser consultados os dois modelos de instrução.

Implementação de um supermercado entre processos

Das 3 linhas de montagem manual existentes na área produtiva de CM-MS a linha 3MM1 é, como já foi dito, a mais complexa. Na situação inicial apresentada no capítulo 4, é dito que esta linha, constituída por 3 braços, é responsável pela produção de 4 famílias de produtos, entre elas duas *high runners*.

Devido à grande importância desta linha, deu-se início ao estudo para avaliar a viabilidade da implementação de um *pull system* (sistema puxado), com a criação de um supermercado de produtos A entre a linha de Montagem Manual 1 e as 4 células de montagem final por ela abastecidas. Este estudo tem como objetivo:

- Organizar a área onde se coloca o *wip* proveniente da 3MM1 para criar um supermercado;
- Diminuir o nível de inventário entre os processos;
- Melhorar o procedimento para o controlo da produção;
- Simplificação de processos;

- Melhorar a gestão visual e a transparência de processos;
- Melhorar o sincronismo entre a linha 3MM1 e as células de montagem final.

Layout e fluxo produtivo da linha de Montagem Manual 1

A linha de montagem manual 3MM1 é constituída por 3 braços e fornece 4 células de montagem final. Na figura 27 está representado o fluxo entre cada um dos braços da linha 3MM1 e as respetivas células de montagem final. O braço 1 produz apenas uma família de produtos, para a célula de montagem final 3F27. O braço 2 produz duas das três subfamílias¹ da família produzida na célula 3F20, e produz ainda uma das placas da família produzida na célula 3F23 (cada unidade desta família é constituída por 2 placas diferentes). O braço 3 produz a outra placa da família produzida na célula 3F23, produz também uma das três subfamílias da família produzida na célula 3F20, e produz ainda a única variante que tem montagem manual da família produzida na célula 3F19.

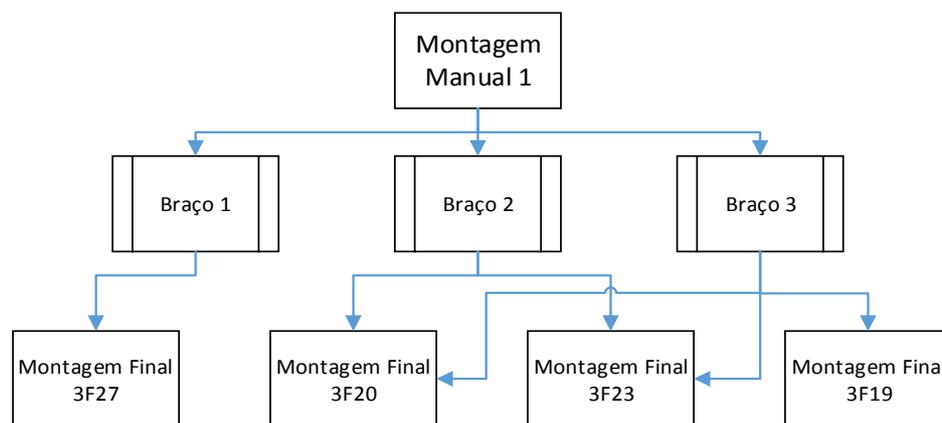


Figura 27 - Fluxo entre a linha 3MM1 e as células de montagem final por ela abastecidas

Na figura 28 está ilustrado o layout da linha 3MM1, com a indicação de cada um dos 3 braços (nº 1 a 3). Os 3 braços fluem para um único posto onde as placas são colocadas em caixilhos para circularem no conveyor através do AOI da manual (verificação da colocação dos componentes), e depois no processo de solda. No final do conveyor estão colocados 3 AOI's face B (verificação da solda), por onde passam as placas provenientes de cada um dos braços. Depois dos AOI's a maioria das placas são colocadas nas fresas, porém, alguns produtos são fresados antes da montagem manual, pelo que saltam esta fase do processo. No final, as placas são colocadas em *containers* ou caixas e transportadas para o inventário ou diretamente para as células de montagem final.

¹ Neste trabalho, considere-se como subfamília um conjunto de variantes que são caracteristicamente diferentes de outras variantes que, por sua vez, pertencem a outra subfamília dentro da mesma família. Neste caso, a família é constituída por 3 subfamílias, uma delas com apenas uma variante, e as outras duas com 4 variantes cada.

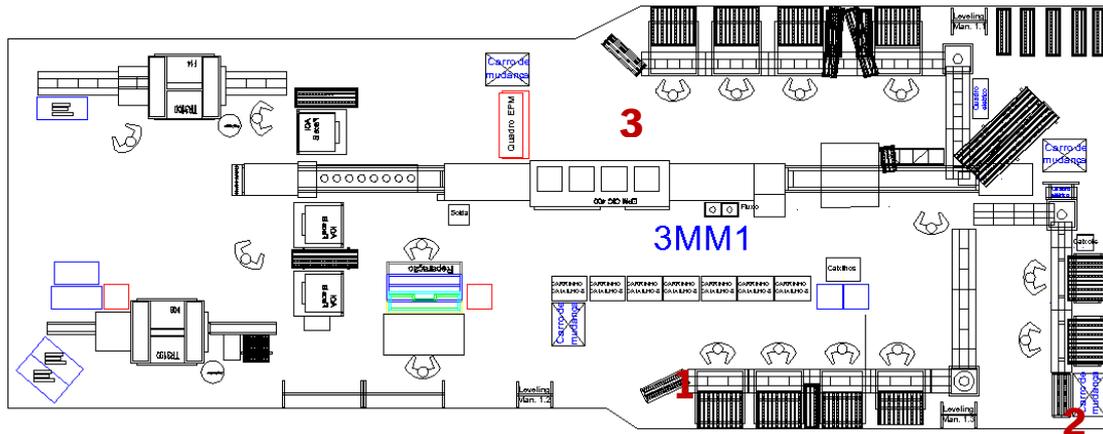


Figura 28 - Layout da linha de Montagem Manual 1

Controlo da produção – Situação inicial

Antes de avançar para o dimensionamento do *pull system* é necessário entender como funciona o sistema existente inicialmente. De forma a facilitar a visualização, foi criado o *value stream mapping* da situação inicial, ilustrado na figura 29, com a representação do fluxo de informação e de materiais.

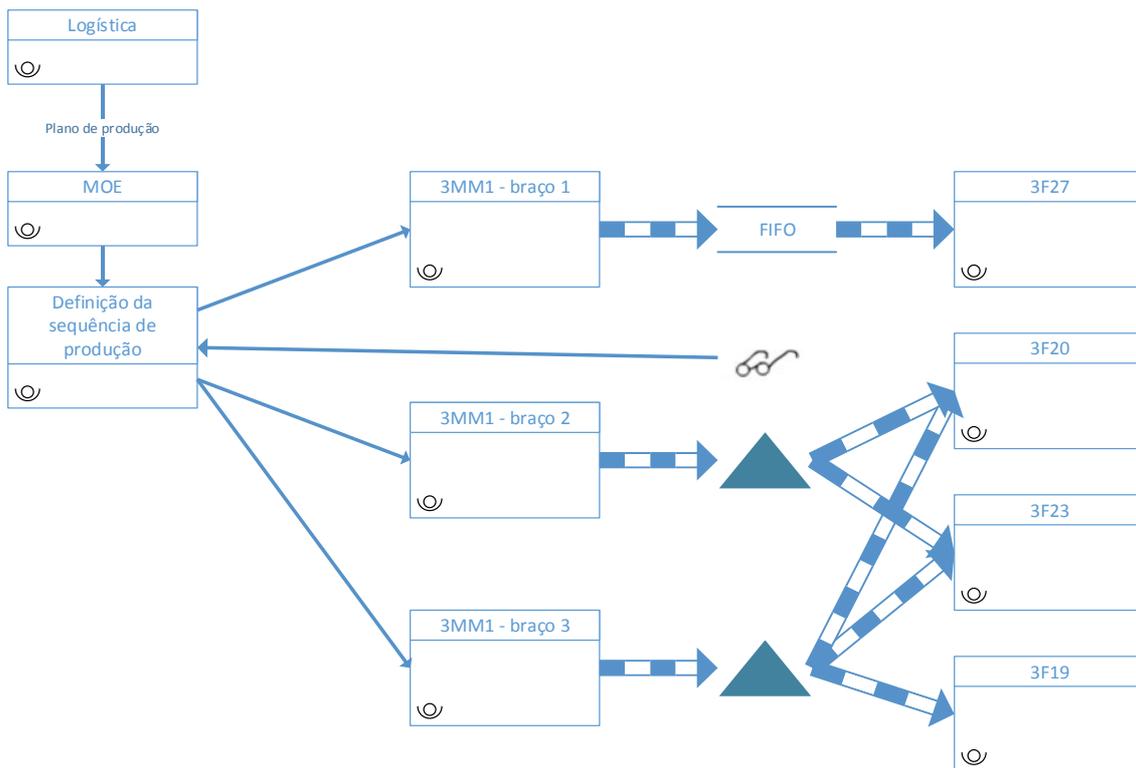


Figura 29 – Value Stream Mapping da situação inicial do controlo da produção

O planeamento da produção é realizado por 3 elementos da equipa de logística (um dos elementos é responsável por duas famílias, os outros dois são responsáveis por uma família cada um), que se encarregam de levar o plano de produção até aos quadros de produção colocados no início de

cada um dos braços da linha 3MM1. Para se definir a sequência de produção, o procedimento é o seguinte:

- **Braço 1** – neste braço, a sequência é definida pelo chefe de linha. A logística informa quando tem necessidade especial de algum *part* number específico. Como o braço produz apenas uma família para uma célula de montagem final, a sequência de produção é facilmente definida.
- **Braço 2** – neste braço a sequência de produção é também definida pelo chefe de linha. Como este braço produz duas famílias para duas células de montagem final, é necessário verificar o que há em inventário e as respectivas quantidades, para que se possa definir a sequência de produção. Isto acontece porque os *high runners* das famílias aqui produzidas (produtos A) têm grandes quantidades, e o tempo de ciclo, embora inferior ao da montagem final, é elevado. Assim, não é possível fornecer duas células de montagem final que estão sempre a trabalhar, sem que para isso seja necessário criar inventário. Para este inventário não foi realizado nenhum dimensionamento, pelo que é normal haver *changeovers* não planeados para prevenir paragens nas células.
- **Braço 3** – neste braço, a sequência de produção é também definida pelo chefe de linha. Embora este braço produza para três células de montagem final, a sequência de produção é facilmente definida, uma vez que duas das três famílias aqui produzidas têm baixas quantidades e baixo tempo de ciclo, em comparação com o tempo de ciclo da montagem final. Porém é normal produzir-se nesta linha com demasiada antecedência, o que constitui desperdício de sobreprodução.

Após a produção das unidades, estas são colocadas em *containers* ou caixas, dependendo do produto, que podem ser enviadas para o supermercado ou diretamente para as células de montagem final. O transporte para as células de montagem final não obedece a nenhuma regra nem nenhum ciclo definido. O que acontece com as unidades produzidas em cada um dos braços, é o seguinte:

- **Braço 1** – como este braço produz apenas para uma célula de montagem final, tudo o que for aqui produzido, será produzido na montagem final. Assim, a Produção definiu uma *FIFO Lane* com capacidade máxima para 11 *containers* (132 placas), embora este dimensionamento não tenha seguido qualquer modelo de cálculo. Também não existe nenhum procedimento definido para quando a *FIFO Lane* está cheia ou vazia. Após a montagem manual, as placas são colocadas em *containers* e enviadas para a *FIFO Lane*. Daqui são depois enviadas para a montagem final.

- **Braço 2** – como este braço precisa de produzir antes do tempo necessário, para garantir que o abastecimento às duas células de montagem final por ele fornecidas não é interrompido, toda a produção é depois colocada em *containers* e enviada para o inventário. Do inventário, os *containers* são depois enviados para a montagem final.
- **Braço 3** – embora este braço produza para três células de montagem final, só uma delas é que necessita de ser continuamente abastecida. As outras duas células podem estar paradas, ou estar a produzir um *part number* cuja inserção manual não se realiza neste braço. Embora a produção deste braço possa ser enviada diretamente para a montagem final, é comum produzir-se com demasiada antecedência e, por isso, a produção é colocada no inventário, para prevenir situação em que tem de abastecer as 3 células em simultâneo, e para o colaborador deste braço ajudar a produzir no braço 2.

Ao longo de alguns dias foram realizadas medições aos níveis de inventário existentes para analisar a situação inicial e para poder fazer uma comparação com os níveis de inventário criados pelo supermercado. O resumo dos dados recolhidos pode ser consultado na tabela 3. No Anexo V podem ser consultados em mais detalhe os dados recolhidos.

Tabela 3 - Resumo das medições efetuadas aos níveis de inventário

Quantidade média no inventário		Máximo
3F19	2,54 horas	4,08 horas
3F20	2,31 horas	4,37 horas
3F23	8,40 horas (placa HIS)	12,95 horas (placa HIS)
	7,53 horas (placa CBS)	14,30 horas (placa CBS)

Os principais problemas encontrados na situação acima apresentada são:

- Não existe qualquer tipo de procedimento para o planeamento e controlo da produção, pelo que é normal ocorrerem desperdícios como sobreprodução e paragens;
- O chefe de linha precisa de verificar o que tem em inventário para definir a sequência de produção, o que consiste em desperdício de tempo;
- Inventário desorganizado e descontrolado;
- Produção não sincronizada;
- Tempo de atravessamento alto e inconstante;
- Stress para os colaboradores.

Controlo da produção – Situação pretendida

Após analisar a situação existente, foi projetado o sistema de controlo da produção que se pretende implementar. Na figura 30 está ilustrado o *value stream design* da situação pretendida.

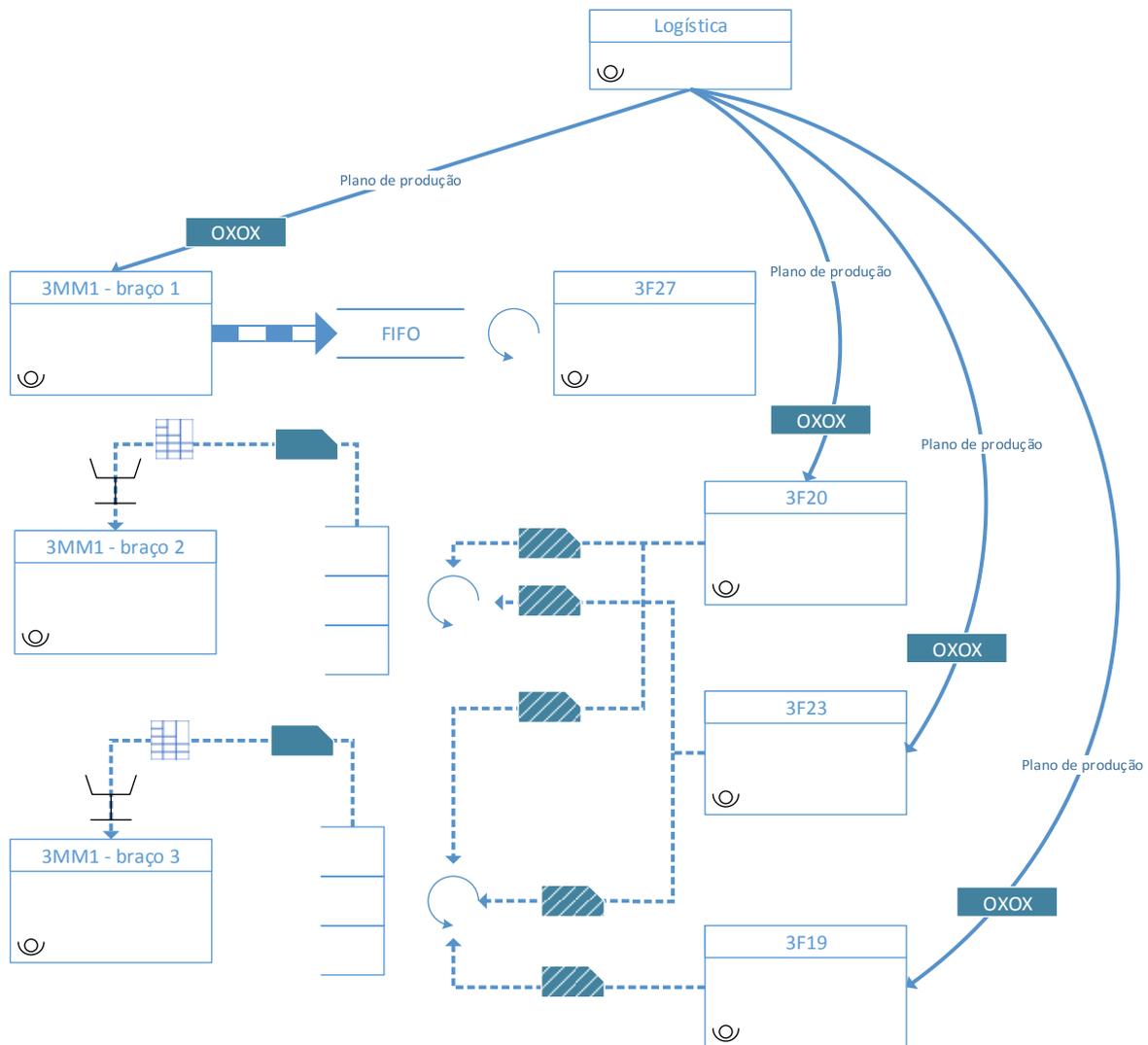


Figura 30 – Value Stream Design da situação pretendida para o controlo da produção

O planeamento da produção continua a ser realizado pelos três elementos de logística responsáveis pelos produtos da 3MM1. Porém, devem efetuar o nivelamento da produção de forma a criar um padrão constante de produção, e levar o plano aos quadros de produção, cuja localização será diferente da existente inicialmente. O procedimento é o seguinte:

- **Braço 1** – o responsável da logística preenche o quadro de produção, que continua colocado no início do braço 1. Como este braço produz apenas para uma célula de montagem final, não precisará de supermercado, tendo-se optado por continuar com a *FIFO Lane*. Assim, segundo o *BPS*, o quadro de produção pode estar colocado no início da montagem manual.

- **Braços 2 e 3** – os braços 2 e 3, que produzem para as células de montagem final 3F19, 3F20 e 2F23, deixarão de ter quadros de produção, que serão colocados junto de cada uma das células, para que sejam elas a puxar a produção. Os responsáveis da logística passam a preencher estes quadros com o plano de produção nivelada.

A produção dos braços 2 e 3 passa a ser puxada pelas células de montagem final que irão abastecer-se no supermercado, o braço 1 continua a produzir para uma *FIFO Lane*. O funcionamento pretendido é explicado de seguida:

- **Braço 1** – como já foi dito anteriormente, este braço produz apenas para uma célula de montagem final (3F27), pelo que optou-se por redimensionar a *FIFO Lane* existente. Toda a produção deste braço será enviada para a *FIFO Lane*, de onde a célula 3F27 irá retirar sempre que necessitar. Se a *FIFO Lane* atingir o limite máximo a produção na manual é parada.
- **Braço 2 e 3** – uma vez que serão as células 3F19, 3F20 e 3F23 a puxar a produção, sempre que necessitarem de placas, consumirão do supermercado. Quando um *container* é retirado do supermercado, o *kanban* associado a esse *container* é enviado para o quadro de construção de lote. Assim que um lote está completo, é colocado no sequenciador para que seja produzido e repostado no supermercado.

As principais vantagens deste sistema são:

- Maior facilidade no planeamento e controlo da produção;
- Inventário controlado entre os processos;
- Melhoria da transparência e da gestão visual;
- Eliminação da necessidade de verificar o inventário para definir a sequência de produção, passando a ter mais tempo para realizar melhoria contínua;
- Menos stress;
- A produção na montagem manual passa a ser controlada pelo processo seguinte, evitando a sobreprodução;
- Produção sincronizada.

Cálculo da quantidade de *kanbans*

Após projetar o sistema pretendido, o passo seguinte foi calcular a quantidade de *kanbans* necessários. Com a quantidade de *kanbans* conseguimos saber o limite máximo e mínimo do

supermercado. Para realizar o cálculo da quantidade de *kanbans* por *part number*, foi utilizada a fórmula desenvolvida pelo BPS (*Bosch Production System*), que é apresentada na figura 31.

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

Figura 31 - Fórmula kanban BPS (Bosch, 2011)

As quatro variáveis que constituem a fórmula representam:

- **RE** (*Replenishment Time Coverage*) – esta variável cobre a procura dentro do tempo de reposição de 1 *kanban*, desde que o cliente retire do supermercado de acordo com o *takt time*. É calculada utilizando a fórmula apresentada na figura 32.

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

Figura 32 - Fórmula de cálculo RE (Bosch, 2011)

- *RTloop* (*Replenishment Time Loop*) – representa o tempo entre o momento que um *kanban* é retirado do supermercado, até ao momento em que o mesmo regressa ao supermercado. O tempo de espera fora do POT (*planned operation time*) não é contemplado.
 - POT (*Planned Operation Time*) – tempo de operação de um determinado período, que pode ser um turno, um dia, uma semana, ou um mês de trabalho, por exemplo. Os tempos de paragens planeadas não são tidos em conta.
 - PR (*Period Requirement*) – procura de cada *part number* durante o POT.
 - NPK (*Number of Parts per Kanban*) – número de unidades por *kanban*.
- **LO** (*Lot Size Coverage*) – esta variável cobre o tempo necessário para a formação do lote, se o cliente retirar do supermercado de acordo com o *takt time*. É calculada utilizando a fórmula apresentada na figura 33.

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

Figura 33 - Fórmula de cálculo LO (Bosch, 2011)

- LS (*Lot Size*) – tamanho do lote de cada *part number*.

- **WI** (*Withdrawal Peak Coverage*) – esta variável calcula a quantidade adicional de *kanbans* necessária para cobrir os levantamentos planeados do cliente, que não são feitos dentro do *takt time*. É calculada utilizando a fórmula apresentada na figura 34.

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

Figura 34 - Fórmula de cálculo WI (Bosch, 2011)

- WA (*Withdrawal Amount*) – máxima quantidade retirada planeada, dentro do tempo de reposição de 1 *kanban*.
- **SA** (*Safety Time Coverage*) – esta variável é um fator adicional de segurança para prevenir falhas e atrasos, desvios na procura e outras situações fora da normalidade. É calculada utilizando a fórmula apresentada na figura 35.

$$SA = SA_1 + SA_2 + SA_3$$

Figura 35 - Fórmula de cálculo SA (Bosch, 2011)

- SA1 – perdas de OEE (*Overall equipment Effectiveness*).
- SA2 – desvios não planeados na procura.
- SA3 – outras incertezas adicionais.

No Anexo III pode ser consultada uma explicação mais detalhada da fórmula de cálculo.

Após analisar a fórmula de cálculo, o passo seguinte foi recolher os dados necessários, para cada uma das variantes produzidas nos braços 2 e 3. Uma vez que o braço 1 terá uma *FIFO Lane*, não precisa de *kanbans*. Assim, o procedimento realizado foi o seguinte:

I. Determinar as variantes produzidas e os produtos A

O primeiro passo realizado foi determinar quantas variantes são produzidas em cada um dos braços e quais são variantes A:

- Braço 2 – este braço produz 8 *part numbers*, pertencentes a 2 famílias.
- Braço 3 – este braço produz 9 *part numbers*, pertencentes a 3 famílias.

Na tabela 4 e na tabela 5 estão identificados a verde os produtos A do braço 2 e do braço 3, respetivamente, que representam cerca de 80% da produção desses braços (coluna das frequências acumuladas).

Tabela 4 - Produtos do braço 2 da linha 3MM1

Produto	Quantidade (unidades)	Frequências relativas	Frequências acumuladas
8718 686 755	7460	37%	37%
8718 561 903	6384	32%	69%
8737 903 61A	2816	14%	83%
8718 610 25A	1944	10%	93%
8718 687 164	360	2%	95%
8707 207 294	448	2%	97%
8707 207 295	384	2%	99%
8718 561 995	192	1%	100%

Tabela 5 - Produtos do braço 3 da linha 3MM1

Produto	Quantidade (unidades)	Frequências relativas	Frequências acumuladas
8718 561 903	6384	44%	44%
8737 903 61A	2816	20%	64%
8718 610 25A	1944	14%	78%
7746 000 34A	1024	7%	85%
8707 207 179	1152	8%	93%
8707 207 362	320	2%	95%
8707 207 180	320	2%	97%
8707 207 363	198	1%	99%
8718 561 995	192	1%	100%

II. Determinar o tempo de ciclo

O segundo passo consistiu em determinar o tempo de ciclo de cada um dos 17 *part number*. Para tal apenas foi necessário consultar os ficheiros de balanceamento de cada *part number*. Estes valores podem ser consultados na tabela 6 e na tabela 7.

III. Determinar *changeover* e *wip*

O terceiro passo consistiu em medir tempos de *changeover* e quantidades de *wip*. Estas medições foram realizadas em dias diferentes, e em diferentes alturas do dia. Estes dados podem ser consultados no Anexo IV.

IV. Tempo de ciclo do *milk run*

O quarto passo consistiu em determinar o tempo de ciclo do *milk run*. O *milk run* realiza o transporte de placas desde o supermercado da inserção automática até às linhas de montagem, com um tempo de ciclo de 20 minutos.

V. Determinar os valores de PR e POT

O quinto passo consistiu em determinar os valores dos fatores PR (*Period Requirement*) e POT (*Planned Operation Time*) utilizados para calcular o valor da variável RE. Uma vez que a logística recebe atualizações regulares por parte dos clientes sobre as quantidades mensais necessárias, o valor definido para o fator PR (*Period Requirement*) é a procura de cada *part number* para um mês. Consequentemente, o valor considerado para o fator POT (*Planned Operation Time*) foi o tempo de produção planeado para um mês. Estes valores podem ser visualizados na tabela 6 e tabela 7.

VI. Determinar a quantidade por *kanban*, NPK

O sexto passo consistiu em determinar o fator NPK (*Number of Parts per Kanban*) para cada um dos *part numbers*. O valor do fator NPK depende da variante produzida (dentro da mesma família, variantes diferentes podem ter um NPK diferente). Assim, podemos ter:

- variantes colocadas em *containers* de 12 unidades;
- variantes colocadas em *containers* de 24 unidades;
- variantes colocadas em caixas de 7 unidades e;
- variantes colocadas em caixas de 7 ou 12 unidades.

No caso das variantes que podem ser colocadas em caixas de 7 ou 12 unidades, o NPK considerado foi de 7, uma vez que como existem poucas caixas de 12, não é possível que todas as unidades sejam colocadas nessas caixas. Assim, deixa de haver 12 unidades por caixa porque o facto de haver um *part number* com 2 NPK's traria complicações ao sistema. O valor do NPK considerado para cada *part number* pode ser consultado na tabela 6 e tabela 7.

VII. Determinar o *LO (Lote Size)*

O sétimo passo consistiu em determinar o tamanho do lote de cada *part number*. Para isso é necessário que a produção seja nivelada, para que a quantidade retirada do supermercado pelas células de montagem final seja constante garantindo estabilidade. Como a produção não é nivelada, foi

necessário simular um nivelamento (Anexo IV) para se estimar um valor para o tamanho do lote. O valor do tamanho do lote para cada *part number* pode ser consultado na tabela 6 e tabela 7.

VIII. Determinar o *OEE* da linha 3MM1

O oitavo passo consistiu em determinar o *OEE* (*Overall Equipment Effectiveness*) da linha de Montagem Manual 1. Assim, foram recolhidos os valores de *OEE* para os meses de Abril, Maio e Junho. Embora para o cálculo fizesse mais sentido utilizar o valor do *OEE* de cada um dos braços, esse valor não existe, apenas existe o valor global da linha. Os valores de *OEE* recolhidos podem ser consultados no Anexo IV.

Após recolher todos os dados, realizou-se o cálculo da quantidade de *kanbans*. Para isso foi criado um ficheiro Excel onde os dados foram introduzidos e o cálculo foi realizado. Quanto ao cálculo é necessário referir que:

- Das 6 parcelas que representam o fator *RTloop*, utilizado para calcular a variável *RE* (ver Anexo III), a parcela *RT1* (tempo entre a retirada do *kanban* do supermercado e a sua chegada ao sequenciador de produção, ou ao quadro de nivelamento) não pode ser calculada. Este valor apenas pode ser estimado uma vez que com o sistema existente, não é possível determinar um valor por aproximação. Assim, estimou-se um valor de cerca de 10 minutos para essa parcela.
- A variável *WI* (*Withdrawal Peak Coverage*) foi considerada como sendo zero, uma vez que, sendo o cliente a célula de montagem final, não existem levantamentos realizados fora do *takt time*.
- Dos 3 fatores que constituem a variável *SA* (*Safety Time Coverage*), apenas foi calculado o valor de *SA1*, flutuações no *output* e no *lead time* do processo produtivo (*OEE*).

Na tabela 6 e na tabela 7 está representado o quadro resumo com os valores das várias variáveis, e a quantidade de *kanbans* para os produtos dos braços 2 e 3. Na primeira linha de cada tabela, estão assinalados a verde os produtos A de cada braço.

Melhoria de processos produtivos numa empresa de produtos eletrônicos

Tabela 6 - Cálculo da quantidade de kanbans dos produtos do Braço 2 da linha de Montagem Manual 1

Produto	RIBOARD	Trim Mid HIS	Trim Mid HIS	Trim Mid HIS	RIBOARD	KME	KME	Trim Mid HIS
Part Number	8718 686 755	8718 561 903	8737 903 61A	8718 610 25A	8718 687 164	8707 207 294	8707 207 295	8718 561 995
Placa	8613 300 182	8613 300 241	8638 502 438	8613 300 281	8613 300 182	8613 300 214	8613 300 221	8613 300 241
RE	36,41	52,22	22,94	15,91	1,76	2,27	1,95	1,57
PR	7460	6384	2816	1944	360	448	384	192
RT loop	1619,37 min	1583,06 min	1576,70 min	1583,76 min	1619,37 min	1684,41 min	1684,41 min	1583,06 min
<i>RT1loop</i>	10,00 min							
<i>RT2loop</i>				1512,15 min				
<i>RT3loop</i>	20,00 min							
<i>RT4loop</i>	11,56 min	9,86 min	9,86 min	9,86 min	11,56 min	10,00 min	10,00 min	9,86 min
<i>RT5loop</i>	32,44 min	17,97 min	14,17 min	18,39 min	32,44 min	65,85 min	65,85 min	17,97 min
<i>t.ciclo manual</i>	53,70 s	34,50 s	27,20 s	35,30 s	53,70 s	109,00 s	109,00 s	34,50 s
<i>wip</i>				25,25				
<i>RT6loop</i>	33,22 min	13,08 min	10,52 min	13,36 min	33,22 min	66,40 min	66,40 min	13,08 min
POT (min)	27649 min							
NPK	12	7	7	7	12	12	12	7
LO	34,00	81,29	44,71	29,86	9,00	4,33	4,33	26,43
LS	420	576	320	216	120	64	64	192
WI	0							
SA	2,56	6,01	3,34	2,25	0,73	0,39	0,39	2,00
SA1	2,56	6,01	3,34	2,25	0,73	0,39	0,39	2,00
SA2	0	0	0	0	0	0	0	0
SA3	0	0	0	0	0	0	0	0
Nº KANBANS	73	140	71	49	12	7	7	31

Melhoria de processos produtivos numa empresa de produtos eletrônicos

Tabela 7 - Cálculo da quantidade de kanbans dos produtos do Braço 3 da linha de Montagem Manual 1

Produto	Trim Mid CBS	Trim Mid CBS	Trim Mid CBS	Nefit	CAE	CAE	CAE	CAE	Trim Mid CBS
Part Number	8718 561 903	8737 903 61A	8718 610 25A	7746 000 34A	8707 207 179	8707 207 362	8707 207 180	8707 207 363	8718 561 995
Placa (CBS)	8613 300 242	8613 300 460	8613 300 335	8613 300 162	8613 300 236	8613 300 295	8613 300 237	8613 300 296	8613 300 335
RE	25,68	11,23	7,75	8,03	4,46	1,23	1,24	0,76	0,77
PR	6384	2816	1944	1024	1152	320	320	198	192
RT loop	2606,92 min	2584,26 min	2584,26 min	2540,23 min	2511,84 min	2485,63 min	2511,84 min	2485,63 min	2584,26 min
RT1loop	10,00 min								
RT2loop					2399,71 min				
RT3loop	20,00 min								
RT4loop	8,10 min	8,10 min	8,10 min	17,50 min	4,67 min	4,67 min	4,67 min	4,67 min	8,10 min
RT5loop	65,75 min	56,89 min	56,89 min	44,87 min	29,91 min	19,66 min	29,91 min	19,66 min	56,89 min
t.ciclo manual	85,30 s	73,80 s	73,80 s	78,60 s	38,80 s	25,50 s	38,80 s	25,50 s	73,80 s
wip					23,25				
RT6loop	103,36 min	89,56 min	89,56 min	48,16 min	47,56 min	31,60 min	47,56 min	31,60 min	89,56 min
POT (min)	27006 min								
NPK	24	24	24	12	24	24	24	24	24
LO	23,00	12,33	8,00	20,33	4,33	5,67	5,67	1,67	7,00
LS	576	320	216	256	128	160	160	64	192
WI	0								
SA	1,75	0,97	0,66	1,56	0,39	0,49	0,49	0,19	0,58
SA1	1,75	0,97	0,66	1,56	0,39	0,49	0,49	0,19	0,58
SA2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SA3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nº KANBANS	51	25	17	30	10	8	8	3	9

Dimensionamento do supermercado e *FIFO Lane*

Dimensionamento do supermercado

Determinada a quantidade de *kanbans* para o sistema, é necessário definir o tamanho do supermercado. Este supermercado apenas será para os produtos A. Os restantes produtos serão produzidos por indicação com antecedência das células de montagem final. O tamanho mínimo do supermercado é dado pela soma das variáveis LO, WI e SA da fórmula *kanban*. O tamanho máximo é o total de *kanbans* calculados. Na tabela 8 está o quadro resumo das dimensões do supermercado para cada um dos *part numbers*.

Tabela 8 - Dimensionamento do supermercado

Produto	8718 686 755	8718 561 903	8737 903 61A	8718 561 903	8737 903 61A	8718 610 25A
Placa	8613 300 182	8613 300 241	8638 502 438	8613 300 242	8613 300 460	8613 300 335
Tamanho mínimo	37 containers	87 caixas	48 caixas	25 containers	13 containers	9 containers
Tamanho máximo	73 containers	140 caixas	71 caixas	51 containers	25 containers	17containers

Dimensionamento da *FIFO Lane*

Para o cálculo da *FIFO Lane* entre o braço 1 da linha 3MM1 e a célula de montagem final 3F27 foi necessário recolher informação sobre:

- Tempo de ciclo da montagem manual na linha 3MM1 – foi realizada uma média ponderada com base nas quantidades produzidas de todos os *part numbers*, o que resultou num tempo de ciclo de 68,96 segundos;
- Tempo de ciclo da montagem final realizada na célula 3F27 – também foi realizada uma média ponderada com base nas quantidades produzidas de todos os *part numbers*, o que resultou num tempo de ciclo de 81,54 segundos;
- Tempo de *changeover* e quantidades de *changeover* por dia (3 turnos);
- OEE (*Overall equipment Effectiveness*) da linha de montagem manual e da célula de montagem final;
- NPK (quantidade por *container*). Este valor é igual a 12 para todos os *part numbers*.

Os dados relativos aos tempos e quantidade de *changeover* e OEE podem ser consultados no Anexo IV. Na tabela 9 temos um quadro resumo dos dados necessários para o dimensionamento da *FIFO Lane*.

Tabela 9 - Dados para o cálculo da FIFO Lane

Montagem Manual Braço 1 - 3MM1	Tempo de ciclo	68,96s
	Changeover	678,49s
	Quant. Changeover	0,97
	OEE	93%
Montagem Final 3F27	Tempo de ciclo	81,54s
	Changeover	831,43s
	Quant. Changeover	0,97
	OEE	86%
3 turnos NPK	1286 min	
	12 unidades	

O passo seguinte no cálculo da *FIFO Lane* foi descobrir qual dos dois processos, montagem manual ou montagem final, é o *bottleneck*. Para isso foi calculada a capacidade horária de cada um, como podemos ver na tabela 10.

Tabela 10 - Capacidade do braço 1 da linha 3MM1 e da célula 3F27

Capacidades (unidades / hora)	
Montagem Manual (Braço 1 - 3MM1)	48 unidades
Montagem Final (3F27)	38 unidades

Como o *bottleneck* é a célula de montagem final 3F27, temos que garantir que esta célula está sempre a trabalhar. Para isso temos de calcular o pior cenário de perdas da montagem manual. Esse cenário é constituído pelas perdas por OEE, perdas devido ao *changeover* e o tempo para produzir um *container*. Na tabela 11 está calculado o pior cenário de perdas da montagem manual.

Tabela 11 - Pior cenário de perdas do braço da linha 3MM1

Perdas (tempo)	
Tempo perdido (OEE)	93 min
Tempo perdido (Changeover)	11 min
Tempo para produzir um container	14 min

Com este cenário de perdas conseguimos saber a quantidade máxima de placas que podem estar na *FIFO Lane*. Assim, com um total de perdas de cerca de 118 minutos, dividindo este valor pelo tempo de ciclo da montagem manual obtemos um total de 102 placas na *FIFO Lane*. O limite mínimo é dado pela diferença de capacidades dos dois processos. Essa diferença de capacidades é de 10 unidades por hora, pelo que o limite mínimo será de 10 unidades. Atendendo ao valor do NPK (número

de unidades por *container*), e uma vez que não podemos ter *containers* com falta de placas, o limite máximo e mínimo terão de ser arredondados para cima de forma a obter um número inteiro de *containers*. A tabela 12 apresenta as dimensões da *FIFO Lane* entre o braço 1 da linha de montagem manual 3MM1 e a célula de montagem final 3F27.

Tabela 12 - Dimensões da *FIFO Lane*

	Valor calculado	Valor arredondado	<i>containers</i>
Limite máximo	102 unidades	108 unidades	9
Limite mínimo	10 unidades	12 unidades	1

Funcionamento da *FIFO Lane*

Como já vimos anteriormente, toda a produção do braço 1 da linha de montagem manual 1 é encaminhada para a *FIFO Lane*. Por sua vez, a célula de montagem final 3F27 vai retirar os *containers* com placas à *FIFO Lane*. Se esta atingir um dos limites, é porque pelo menos um dos processos está descontrolado. Quando o limite máximo é atingido, a montagem manual para a produção e só retoma a atividade quando forem retirados *containers* da *FIFO Lane*.

Viabilidade da Implementação

Após realizar todos os cálculos necessários, verificou-se se a implementação do supermercado e da *FIFO Lane* era viável. Relativamente à *FIFO Lane*:

- Entre o braço 1 da 3MM1 e a célula 3F27 já existia uma zona que a produção dizia ser uma *FIFO Lane*. Porém, o seu dimensionamento não foi realizado de acordo com o método utilizado neste trabalho. A produção apenas definiu um limite máximo de 11 *containers* distribuídos por 4 carros, e não definiu limite mínimo. Para além disso caso seja atingido o limite máximo, a manual não para imediatamente, apenas o faz caso a célula de montagem final esteja parada e seja dada indicação para parar também a manual.
- Uma vez que a *FIFO Lane* dimensionada tem dimensões inferiores à *FIFO Lane* existente, pode-se concluir que a sua implementação torna-se viável, e apenas é necessário definir os limites e impor o procedimento caso os limites sejam atingidos.

Relativamente ao supermercado:

- Após o cálculo da quantidade de *kanbans* verificou-se que:
 - Para a célula 3F20, o supermercado impõe um mínimo de 12,6 horas de inventário e um máximo de 25,3 horas de inventário proveniente do braço 2;

- Para a célula 3F23 o supermercado impõe um mínimo de 29,6 horas de inventário e um máximo de 46,2 horas de inventário proveniente do braço 2;
- Para a célula 3F23 o supermercado impõe um mínimo de 35,3 horas de inventário e um máximo de 70,4 horas de inventário proveniente do braço 3.
- Estas quantidades de inventário são bastante elevadas em relação ao que a produção tinha em prática inicialmente. Isto deve-se ao fato de a fórmula *kanban* do BPS, embora venha sendo melhorada com o tempo, criar grandes quantidades de inventário.
- Mesmo que se conseguisse arranjar uma outra forma de pôr o supermercado em funcionamento com menos inventário do que o indicado pela fórmula *kanban*, não haveria espaço suficiente para criar um supermercado de A's, uma vez que cerca de metade do espaço que foi destinado para este trabalho, é usado como local de inventário para outra linha de montagem manual.
- Assim, conclui-se que não é viável implementar um supermercado nos moldes apresentados.

Uma vez que a implementação do supermercado é inviável, partiu-se para o desenvolvimento de uma proposta alternativa. A implementação da *FIFO Lane* será feita quando for implementada a proposta alternativa.

Proposta alternativa ao supermercado

Na impossibilidade de implementar um supermercado entre os braços 2 e 3 da linha 3MM1 e as respetivas células de montagem final, tornou-se necessário desenvolver uma proposta alternativa. Esta alternativa teria que garantir que:

- As células de montagem final não param à espera de placas provenientes da linha de montagem manual;
- Os níveis de *wip* entre os processos devem ser apenas os estritamente necessários para que as células não parem;
- A quantidade de *changeovers* deve ser a mínima possível;
- Eliminar a necessidade que o chefe de linha tem de verificar o inventário, para definir a sequência de produção na linha de montagem manual;
- Estabelecer uma metodologia para um melhor planeamento e controlo da produção.

A proposta desenvolvida, ilustrada na figura 36, baseou-se no sistema *kanban* e no sistema *CONWIP*, apresentados no capítulo 2. O nível de *wip* será controlado, e a produção será realizada em

lotes. A construção de lotes será realizada com cartões *kanbans* que apenas são libertados quando há consumo por parte da célula de montagem final. Após a montagem manual, os *containers* serão colocados em *FIFO Lanes* de onde a montagem final os retirará, sempre que necessitar de consumir placas.

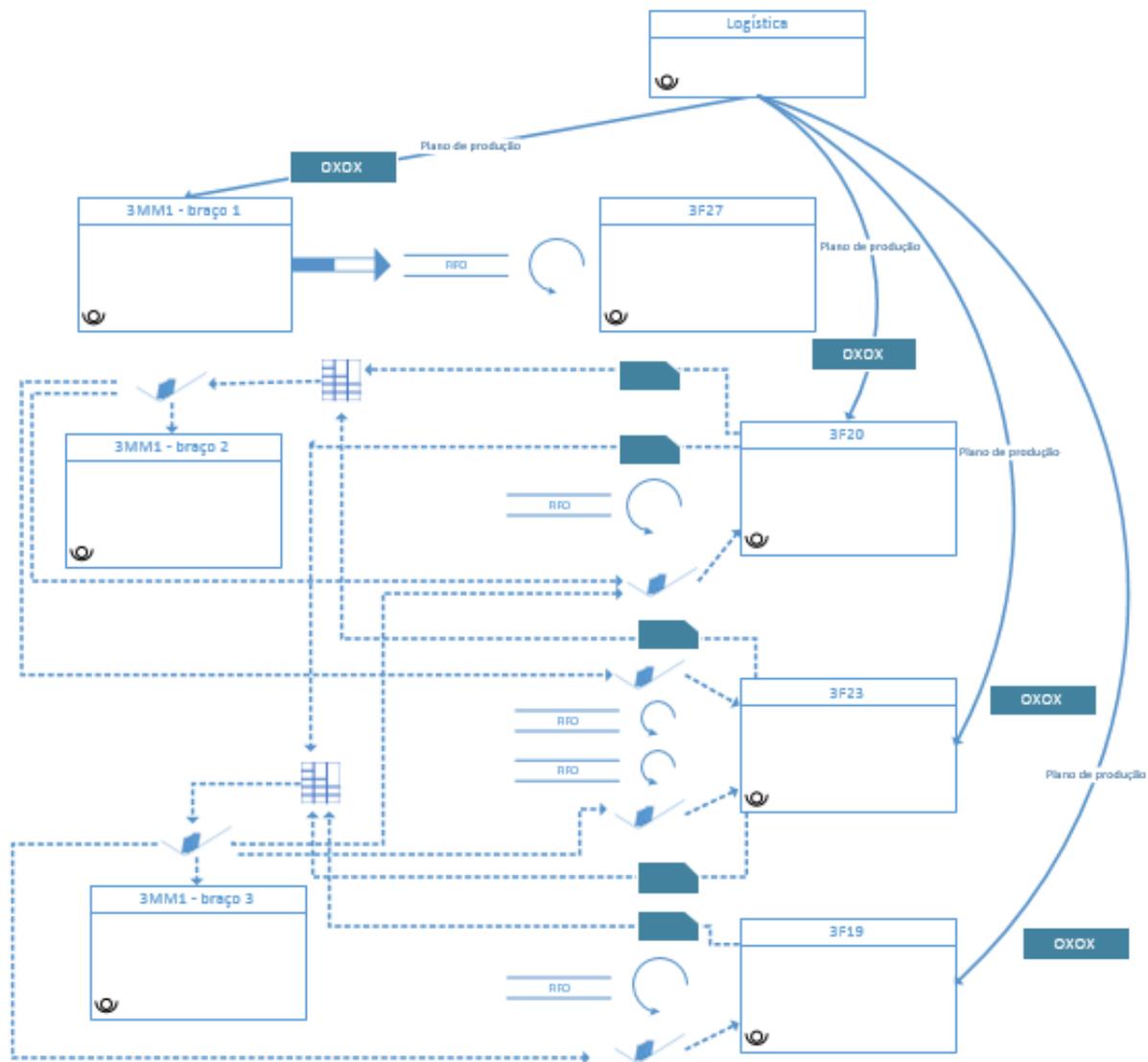


Figura 36 – Value Stream Design da proposta apresentada para o controlo da produção

Dimensionamento das *FIFO Lanes*

Para que as células de montagem final 3F19, 3F20 e 3F23 trabalhem continuamente sem falhas no abastecimento de placas, é necessário a existência de um *wip* mínimo nas *FIFO Lanes*, uma vez que tanto o braço 2 como o braço 3 da linha de montagem manual 3MM1 apenas conseguem produzir para uma célula de cada vez. Na situação inicial, não existiam níveis de inventário definidos, sendo prática comum acumular inventário em maior quantidade para a célula 3F23 e manter em níveis mais baixos o inventário para a célula 3F20. Porém, o chefe de linha precisava de verificar

constantemente o inventário de placas entre os processos, para garantir que não havia falha de abastecimento às células de montagem final. Por isso, era comum interromper a produção de um *part number* para produzir outro produto. Na tabela 13 é lembrado o resumo dos valores de inventário medidos ao longo de vários dias.

Tabela 13 - Resumo das medições efetuadas aos níveis de inventário

Quantidade média no inventário		Máximo
3F19	2,54 horas	4,08 horas
3F20	2,31 horas	4,37 horas
3F23	8,40 horas (placa HIS)	12,95 horas (placa HIS)
	7,53 horas (placa CBS)	14,30 horas (placa CBS)

Uma vez que a linha de montagem manual 3MM1 trabalha em 2 turnos (assim como a célula 3F20), e a célula 3F23 trabalha em 3 turnos, é necessário criar inventário de placas para garantir o funcionamento da célula 3F23 durante um turno completo. Por isso, é de esperar que, pelo menos o valor médio de inventário seja na realidade superior ao apresentado na tabela 13, pois estas medições foram realizadas entre as 8h30 e as 17h30, e o turno da noite apenas inicia às 23h00, e a esta hora é comum o inventário atingir o nível máximo.

Para dimensionar as *FIFO Lanes* é necessário definir primeiro o tamanho de lote para os principais *part numbers*. Serão esses lotes que ditarão o inventário mínimo necessário em cada uma das *FIFO Lanes*. Ao longo dos pontos seguintes é apresentado o procedimento realizado para o dimensionamento das *FIFO Lanes*.

Definição dos produtos A para cada célula de montagem final

Ao contrário do procedimento realizado para o dimensionamento do supermercado, onde os produtos A foram determinados para os braços 2 e 3 da linha de montagem manual 3MM1, neste caso, para definir os produtos A foi realizada uma análise aos produtos de cada célula de montagem final (3F19, 3F20 e 3F23). Na tabela 14 e na tabela 15 estão identificados a verde os A das células 3F20 e 3F23. Uma vez que a célula 3F19 apenas produz um único produto com montagem manual, esse produto será o A dessa célula.

Tabela 14 - Produtos da célula 3F23

Produto	Quantidade (unidades)	frequências relativas	frequências acumuladas
8718 561 903	6384	56%	56%
8737 903 61A	2816	25%	81%
8718 610 25A	1944	17%	98%
8718 561 995	192	2%	100%

Tabela 15 - Produtos da célula 3F20

Produto	Quantidade (unidades)	frequências relativas	frequências acumuladas
8718 686 755	7460	79%	79%
8707 207 179	1152	12%	91%
8707 207 362	320	3%	95%
8707 207 180	320	3%	98%
8707 207 363	198	2%	100%

Definição do tamanho dos lotes

Uma vez que só os produtos A são produzidos regularmente, são eles que vão ditar o tamanho de cada uma das *FIFO Lanes*. O tamanho dos lotes foi definido tendo em conta o número de *changeovers* e o *wip* mínimo necessário nas *FIFO Lanes*. Lotes demasiado grandes permitem ter um reduzido número de *changeovers*, mas criam a necessidade de um elevado *wip* mínimo nas *FIFO Lanes*. Por sua vez, lotes demasiados pequenos reduzem o *wip* mínimo necessário nas *FIFO Lanes*, mas elevam demasiado o número de *changeovers*. Na tabela 16 são apresentados os tamanhos dos lotes definidos com base nos fatos anteriores.

Tabela 16 - Tamanho dos lotes

Célula	Produto	Tamanho do lote
3F19	7746 000 34A	256 unidades
3F20	8718 686 755	210 unidades
	8707 207 179	128 unidades
3F23	8718 561 903	192 unidades
	8737 903 61A	128 unidades

Estes lotes foram definidos de forma a maximizar o aproveitamento do espaço disponível e minimizar a quantidade de *changeovers* tendo em conta os seus elevados tempos (Anexo IV). Cada lote pode ser formado por uma ou mais paletes completas.

Tempo de produção dos lotes na montagem manual

O passo seguinte para o dimensionamento das *FIFO Lanes* consiste em saber o tempo de produção na linha de montagem manual do maior lote de cada uma das famílias produzidas nas três células de montagem final. Multiplicando o tempo de ciclo pelo tamanho do lote, obtêm-se esses valores. Na tabela 17 estão representados os tempos de produção na linha de montagem manual.

Tabela 17 - Tempo de produção dos lotes na Montagem Manual. (a família produzida na célula 3F23 é constituído por duas placas, produzidas em braços diferentes)

Produto	Montagem final	Montagem Manual	Tamanho do lote	Tempo de produção na Montagem Manual
7746 000 34A	3F19	3MM1 - Braço 3	256 unidades	5,00 h
8718 686 755	3F20	3MM1 - Braço 2	210 unidades	3,13 h
8707 207 179		3MM1 - Braço 3	160 unidades	1,72 h
8718 561 903	3F23	3MM1 - Braço 2	192 unidades	3,28 h
8718 561 903		3MM1 - Braço 3	192 unidades	4,55 h

Wip mínimo das *FIFO Lanes*

O *wip* mínimo necessário nas *FIFO Lanes* tem que garantir que a respetiva célula de montagem final está sempre a trabalhar enquanto a montagem manual produz para outra célula de montagem final. Desta forma, o procedimento para o dimensionamento destas *FIFO Lanes* é diferente do procedimento realizado para a *FIFO Lane* da célula 3F27. No total, terão de ser dimensionadas quatro *FIFO Lanes*: uma para a célula 3F19, uma para a célula 3F20 e duas para a célula 3F23, uma vez que a família produzida nesta célula tem dois pcb's por unidade, e cada um dos pcb's é produzido em braços diferentes da linha 3MM1. Na tabela 18 está representado o *wip* mínimo determinado para cada uma das quatro *FIFO Lanes*.

Tabela 18 - Wip mínimo calculado para cada uma das *FIFO Lanes*

<i>FIFO Lane</i>	Quantidade (pcb's)	Quantidade (caixas/containers)
3F19	377 unidades	15 containers
3F20	124 unidades	11 containers
3F23	HIS 116 unidades	17 caixas
	CBS 179 unidades	8 containers

Para determinar o *wip* mínimo da *FIFO Lane* de uma célula foi utilizado o tempo necessário para produzir na linha de montagem manual 3MM1 os lotes para as outras células (desde que esses lotes sejam produzidos no mesmo braço que os produtos da célula em causa), ao qual foi somado o maior tempo de *changeover* na linha de montagem manual, entre os *part numbers* da mesma família.

Este valor foi depois dividido pelo valor médio do OEE (*Overall equipment effectiveness*) para prevenir as perdas diárias de eficiência. O valor resultante é o tempo para o qual o inventário mínimo tem de garantir que uma célula de montagem final trabalha enquanto a montagem manual produz para outra célula. Para saber o inventário mínimo necessário na *FIFO Lane* basta dividir o valor resultante pelo tempo de ciclo médio de montagem final. Na figura 37 é exemplificado o cálculo de uma das duas *FIFO Lanes* para a célula 3F23.

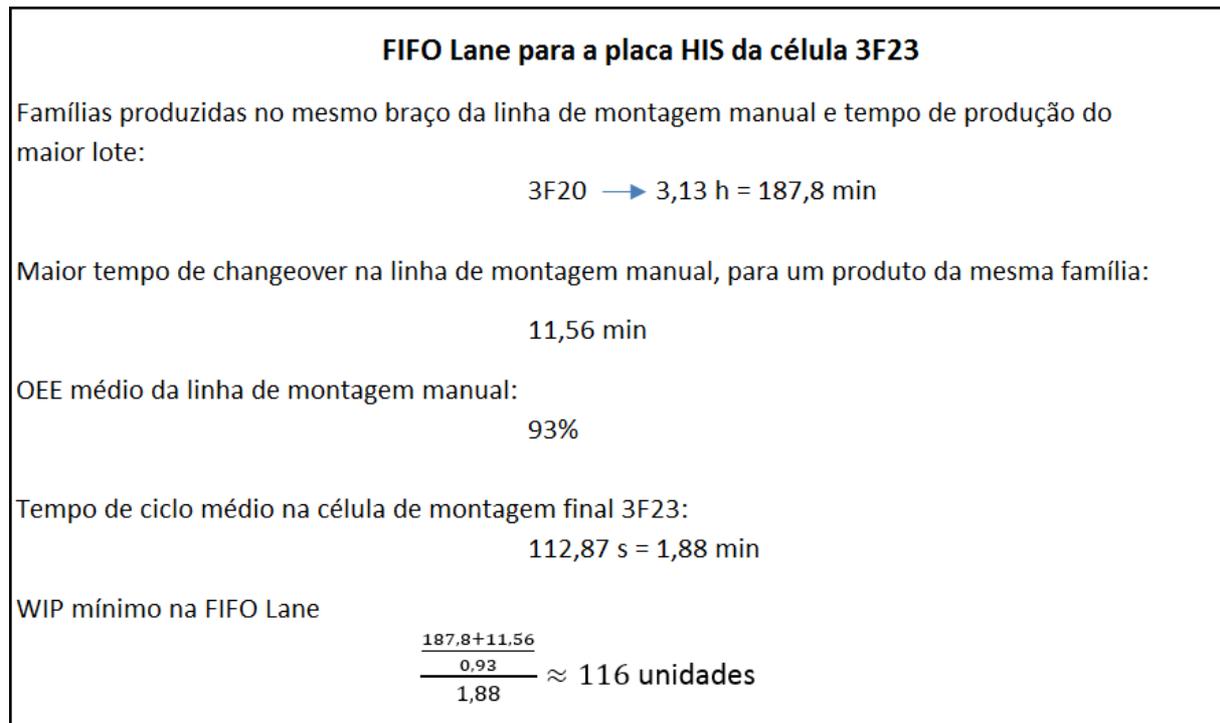


Figura 37 - Exemplo do cálculo do wip mínimo para uma FIFO Lane

Este cálculo foi realizado para cada uma das quatro *FIFO Lanes*. Porém, para a célula 3F19, apesar de o valor mínimo calculado ser de 377 unidades (tabela 18) o valor considerado foi de zero. Uma vez que esta célula produz no máximo uma vez por semana, a quantidade produzida é inferior à quantidade mínima calculada para a *FIFO Lane*, e a produção na célula de montagem final 3F19 apenas é realizada após todas as placas passarem pela montagem manual, não fazia sentido ter *wip* mínimo na *FIFO Lane*. Também pela mesma razão, ao dimensionar a *FIFO Lane* para a placa CBS da célula 3F23 (produzida no mesmo braço da linha 3MM1) em vez de somar o tempo para produzir o maior lote para a célula 3F19 com o tempo para somar o maior lote para a célula 3F20² foi utilizado apenas o maior tempo de entre os dois. O mesmo procedimento foi realizado para a *FIFO Lane* da célula 3F20. Desta forma foi possível reduzir o *wip* mínimo necessário.

² Este lote é na realidade o segundo maior lote (Tabela 16), uma vez que o maior lote desta família é produzido no braço 2 da linha 3MM1 e a descrição deste parágrafo refere-se aos *part numbers* produzidos no braço 3 da linha 3MM1.

Ainda para a *FIFO Lane* para a célula 3F20, como a família produzida nesta célula é produzida nos braços 2 e 3 da linha 3MM1, foram realizados dois cálculos para determinar o *wip* mínimo. De entre os dois cálculos, o pior caso foi o que determinou o *wip* mínimo. Na tabela 19 estão representados os valores definitivos para o *wip* mínimo nas *FIFO Lanes*.

Tabela 19 - *Wip* mínimo considerado para cada uma das *FIFO Lanes*

<i>FIFO Lane</i>	Quantidade (pcb's)	Quantidade (caixas/containers)
3F19	0 unidades	0 containers
3F20	124 unidades	11 containers
3F23	HIS 116 unidades	17 caixas
	CBS 179 unidades	8 containers

Wip máximo das *FIFO Lanes*

O *wip* máximo em cada uma das *FIFO Lanes* é dado pela soma do *wip* mínimo com o maior lote de cada uma das famílias. Na tabela 20 está representado o *wip* máximo permitido em cada uma das *FIFO Lanes*.

Tabela 20 - *Wip* máximo permitido nas *FIFO Lanes*

<i>FIFO Lane</i>	Quantidade (pcb's)	Quantidade (caixas/containers)
3F19	256 unidades	11 containers
3F20	334 unidades	28 containers
3F23	HIS 308 unidades	45 caixas
	CBS 371 unidades	16 containers

Funcionamento do sistema proposto

Após determinar o *wip* mínimo e máximo das *FIFO Lanes* foi projetado o funcionamento do sistema, que é apresentado de seguida.

Plano de produção e definição da sequência de produção

O responsável de logística de cada uma das 3 famílias produzidas nas células 3F19, 3F20 e 3F23, envia o planeamento para os quadros de nivelamento colocados em cada uma das células de montagem final. Este plano é enviado sob a forma de cartões que representam uma paleta de produto acabado, e que são colocados na parte de trás do quadro de nivelamento. Estes cartões serão os cartões *Master* deste sistema. O quadro de nivelamento está ilustrado na figura 38.

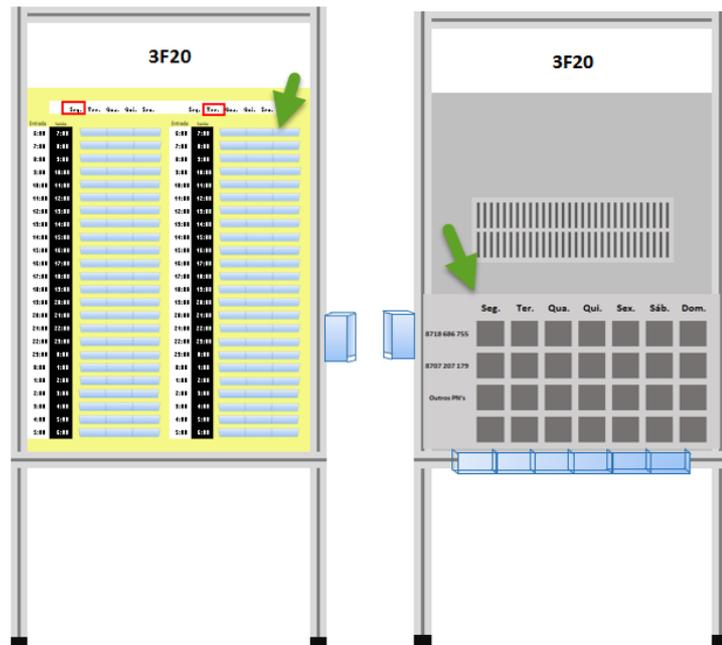


Figura 38 - Quadro de nivelamento; à esquerda a parte frontal e à direita a parte traseira; a seta verde indica o local onde são colocados os cartões da logística (Cartões Master)

Diariamente, o chefe de linha do turno da manhã pega nos cartões *Master* para o dia seguinte e coloca na parte da frente do quadro de nivelamento, na hora prevista para iniciar a produção. Cada chefe de linha de cada um dos três turnos terá depois de retirar os cartões *Master* colocados na parte da frente do quadro no horário do turno seguinte, e colocar no sequenciador da montagem final, na hora prevista para iniciar a produção. Na figura 39 está ilustrado o sequenciador da montagem final.

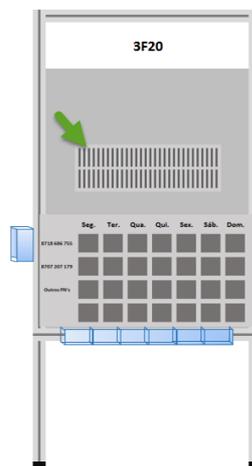


Figura 39 - Sequenciador da montagem final; a seta verde indica o sequenciador da montagem final

Ao colocar os *Master* no sequenciador da montagem final, para cada conjunto de cartões *Master* que representam um *part number*, o chefe de linha calcula a quantidade de *kanbans* – *slaves* – necessários. No caso de o cálculo não resultar num número inteiro de *kanbans*, o chefe de linha deve preencher o último *kanban* manualmente. Estes novos *kanbans*, representados na figura 40 serão os *kanbans* utilizados no sistema, e representam a quantidade de placas por *container*/caixa.

MS	MM1 - Braço 2			Riboard	MS	MM1 - Braço		
Produto	8718 686 755				Produto			
Placa	8613 300 182				Placa			
PCB's / Container	12				PCB's / Container			
Tempo de produção	1 pessoa	2 pessoas	3 pessoas		Tempo de produção	1 pessoa	2 pessoas	3 pessoas
Montagem Manual	21 min	11 min			Montagem Manual			
Montagem Final	21 min	16 min			Montagem Final			

Figura 40 - Kanban proposto para o sistema puxado. À esquerda um kanban completo; à direita um kanban para preencher manualmente.

Após o cálculo, o chefe de linha coloca os *kanbans* na caixa sequenciadora pela parte de cima e virados para baixo, como ilustra a figura 41. Esta caixa está colocada na parte lateral do quadro de nivelamento.

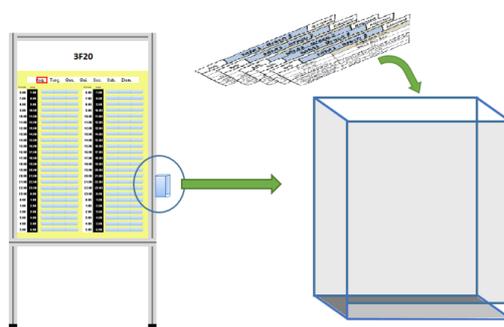


Figura 41 - Colocação dos kanbans na caixa sequenciadora

Ao colocar os *kanbans* na caixa lateral, o chefe de linha deve fazer a contagem dos lotes de *part numbers* A. A indicação do tamanho de lote destes *part numbers* está presente na instrução de trabalho. No caso de existirem lotes incompletos, para sinalizar esses lotes é adicionado um cartão de “Mudança de lote”, como o da figura 42. Os restantes *part numbers* não têm tamanho de lote especificado. Apenas é calculado a quantidade de *kanbans*, que são colocados também na caixa sequenciadora.

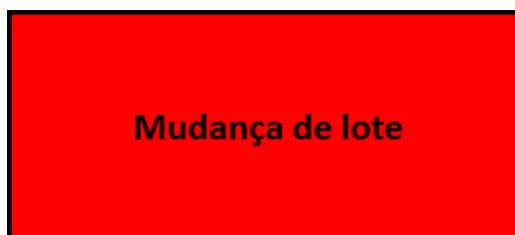


Figura 42 - Cartão de mudança de lote

Abastecimento das células de montagem final e transporte dos *kanbans* para o quadro de construção de lote

Sempre que uma das células de montagem final necessita de placas, um colaborador faz o seu abastecimento, transportando um carrinho com *containers*/caixas, e na célula faz a troca dos

Melhoria de processos produtivos numa empresa de produtos eletrónicos

containers/caixas cheios pelos vazios. De seguida, desloca-se ao sequenciador da montagem final, retira um *kanban* por cada *container*/caixa que trouxe e arruma numa das caixas disponíveis, como ilustra a figura 43. Os *kanbans* colocados neste sequenciador representam os *containers*/caixas já produzidos na montagem manual, que se encontram nas *FIFO Lanes*. Mais à frente será explicado como estes *kanbans* são colocados neste sequenciador.

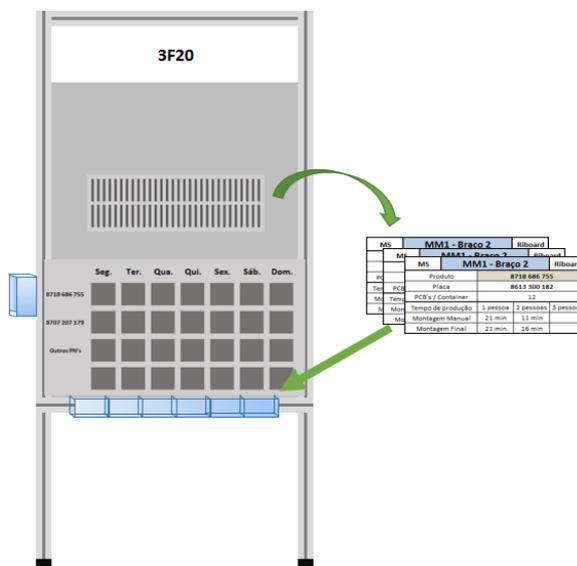


Figura 43 - Consumo de *kanbans* pela montagem final

Se há consumo de placas tem de haver uma ordem de produção da mesma quantidade para repor na *FIFO Lane*, independentemente do *part number*. Assim, o colaborador desloca-se à caixa lateral onde o chefe de linha colocou os *kanbans* no início do turno, retira pela parte de baixo a quantidade de *kanbans* equivalente aos *containers*/caixas que trouxe e transporta-os para o quadro de construção de lote, como ilustra a figura 44.

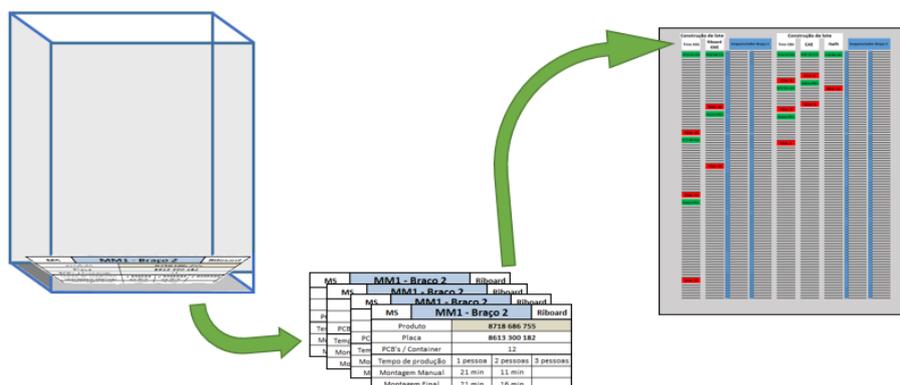


Figura 44 - Retirada dos *kanbans* da caixa sequenciadora

Se um dos cartões retirados é um cartão de “Mudança de lote”, então o colaborador deve arrumar este cartão na caixa respetiva, e retira mais um *kanban*. Com este cartão, o colaborador sabe que os *kanbans* que retirou antes e os *kanbans* do mesmo *part number* que já estão no quadro de

construção de lote formam um lote incompleto. Chegando ao quadro de construção de lote, o colaborador coloca o lote incompleto no sequenciador do braço 2 ou 3 da linha de montagem manual, consoante o braço onde o *part number* é produzido. Esta situação só ocorre para os *part numbers* A.

Quadro de construção de lote e sequenciador das manuais

No quadro de construção de lote, ilustrado na figura 45, o colaborador coloca os *kanbans* na área respectiva, para a formação dos lotes. Cada coluna de construção de lote representa uma família/subfamília. Em cada coluna estão definidas a verde as áreas para cada um dos *part numbers* A e uma área para os restantes *part numbers* da mesma família. A vermelho está identificado o tamanho máximo do lote. Como só os *part numbers* A têm tamanho de lote definido, para os restantes o tamanho de lote máximo será o tamanho do maior lote A. Para cada um dos braços 2 e 3 da linha de montagem manual 3MM1 foi criado um sequenciador, que define a sequência de produção na linha de montagem manual 3MM1.

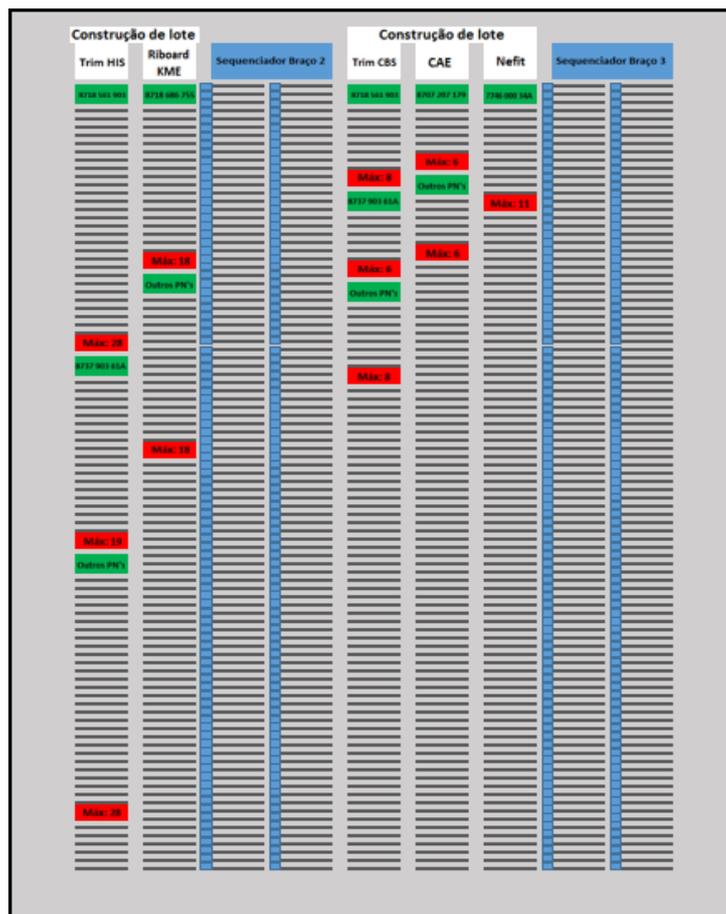


Figura 45 – Construção de lote e sequenciador da montagem manual

Quando os lotes estão completos são depois colocados no sequenciador, virados para baixo (a parte branca para cima). Um lote está completo quando:

- Nos *part numbers* A um lote está completo quando o nº de *kanbans* na construção de lote atinge o limite;
- Para os restantes *part numbers* o lote está completo quando o cartão que veio da caixa sequenciadora é o último desse *part number*, ou quando o limite máximo de cartões é atingido.
- A única exceção acontece quando na caixa sequenciadora o colaborador retira um cartão de “Mudança de lote”, que sinaliza um lote incompleto. Neste caso, o lote incompleto é colocado no sequenciador, uma vez que não existem mais *kanbans* do mesmo *part number* planeados para produzir nesse dia.

Ao colocar o lote no sequenciador, o colaborador tem de colocar no início um cartão de produção, ilustrado na figura 46. A utilidade deste cartão será explicada no ponto seguinte.

MM1 - Braço 3		Trim CBS
Produto	8718 610 25A	
Placa	8613 35 0501	
Quantidade		

Figura 46 - Cartão de produção

À medida que os lotes são produzidos, por cada *container*/caixa transportado para a *FIFO Lane*, o colaborador tem de virar o respetivo *kanban* ao contrário, como ilustra a figura 47. Isto serve para sinalizar que a quantidade representada pelo *kanban* já está produzida.



Figura 47 - Posicionamento dos kanbans antes e após a sua produção

Produção e transporte dos *kanbans* para o sequenciador da montagem final

O chefe de linha tem de verificar regularmente o sequenciador da montagem manual. Se no sequenciador estiver um lote com um cartão de produção no início, o chefe de linha tem de retirar esse cartão e escrever nele a quantidade total de placas que o lote representa. De seguida coloca esse cartão noutra sequenciador, colocado no início de cada um dos braços da linha de montagem manual, para dar ordem de produção do lote. À medida que os lotes são produzidos, são retirados do sequenciador.

Ao fazer esta verificação, se também houver *kanbans* com a parte escrita virada para cima (figura 47), ou seja, que já foram produzidos e os respetivos *containers/caixas* já estão na *FIFO Lane*, o chefe de linha retira esses mesmos *kanbans* e transporta para a respetiva célula de montagem final. Ai, coloca os *kanbans* – *slaves* – no sequenciador da montagem final, a seguir ao cartão de palete – *Master* – que já lá foi colocado anteriormente. Este sequenciador espelha o *wip* presente na *FIFO Lane*. Todo este procedimento está ilustrado na figura 48.

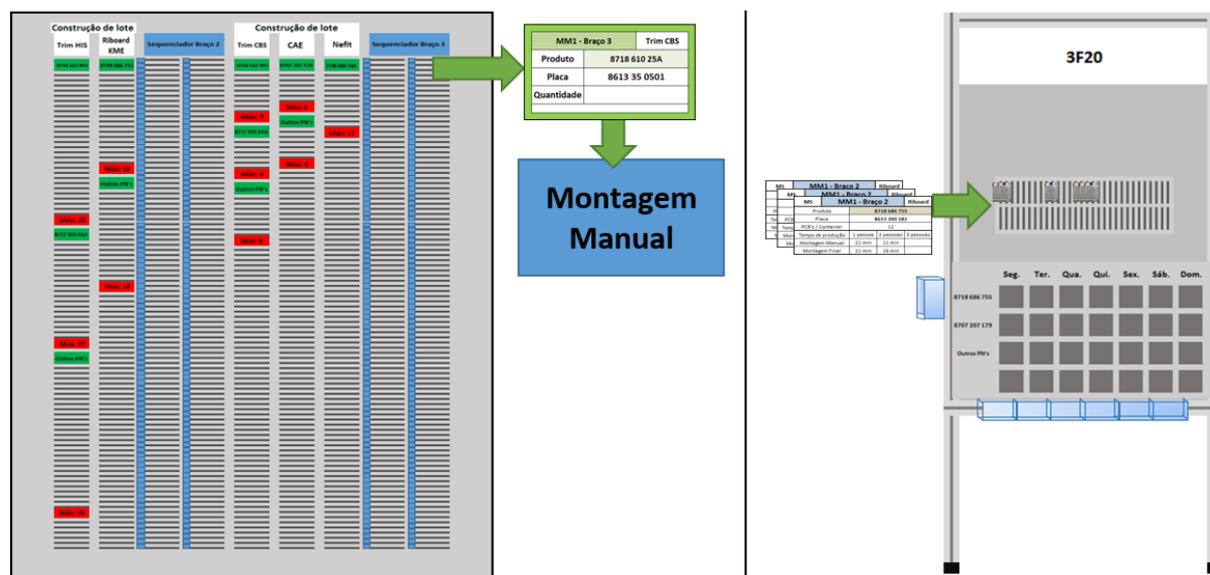


Figura 48 - À esquerda: transporte do cartão de produção para a montagem manual; à direita: transporte dos *kanbans* produzidos para o sequenciador da montagem manual

À medida que a célula de montagem final produz, os cartões *Master* são retirados do sequenciador e entregues na célula, para que os seus operadores saibam o que produzir a seguir.

Abastecimento de placas à linha de montagem manual 3MM1

O abastecimento de placas aos 3 braços da linha de montagem manual 3MM1 é realizado por um *milk run* que, em ciclos de 20 minutos, transporta placas do supermercado da inserção automática para as linhas de montagem manual. Na situação existente, não havia um procedimento padrão para saber o que era necessário trazer para as linhas. O *milk run* deslocava-se aos quadros de nivelamento

localizados em cada um dos 3 braços da 3MM1 e registava os *part numbers* e as quantidades necessárias, geralmente para o turno inteiro, ou então era o chefe de linha quem comunicava ao *milk run* as necessidades da montagem manual, uma vez que era impossível prever com aproximação a hora de início da produção.

Neste novo modelo, apenas o quadro de nivelamento localizado no braço 1 irá manter-se, uma vez que este braço irá abastecer apenas uma *FIFO Lane*, para a célula de montagem final 3F27. Os quadros de nivelamento dos braços 2 e 3 desaparecem, e passam a estar localizados quadros nas células de montagem final 3F19, 3F20 e 3F23. Uma vez que o *milk run* não se desloca a estas células foi definido um novo procedimento para o abastecimento dos braços 2 e 3. O *milk run* terá de consultar o sequenciador colocado no início de cada um dos braços e verificar os cartões de produção aí colocados pelo chefe de linha, para saber o que tem de trazer e a respetiva quantidade, para a produção do próximo lote.

Diferenciação do procedimento para a célula 3F19

O único produto da célula 3F19 com montagem manual é produzido cerca de uma vez por semana e a quantidade produzida é de apenas uma palete. A produção de todas as unidades demora cerca de 5 horas na montagem manual e cerca de 4 horas na montagem final. Devido a estes fatos, o procedimento para esta célula foi desenhado de forma diferente do explicado no ponto anterior.

Diferenças no procedimento

- Após realizar o cálculo da quantidade de *kanbans*, estes são divididos em dois lotes: um de 6 *kanbans* e outro de 5 *kanbans*. O primeiro lote é imediatamente colocado no quadro de formação de lote, na respetiva coluna. O segundo lote é colocado junto do cartão de palete, na frente do quadro de nivelamento, com a parte branca virada para a frente.
- Quando é colocado no sequenciador do braço 3 da montagem manual um lote para a célula 3F23, o lote para a 3F19 é retirado da construção de lote e colocado no sequenciador, logo depois do lote para a 3F23.
- O mesmo procedimento é realizado para o segundo lote.
- O chefe de linha coloca os *kanbans* produzidos junto do cartão de palete, com a parte escrita virada para a frente.
- Quando o colaborador abastece a célula, desloca-se ao quadro de nivelamento, retira a quantidade equivalente de *kanbans* e arruma na respetiva caixa.

Implementação

Apresentação/Formação aos Colaboradores

Antes de realizar a implementação do sistema, foi necessário fazer uma apresentação/formação a todos os colaboradores e chefes de linha que iriam trabalhar com o sistema proposto. Esta apresentação/formação teve como objetivo explicar os conceitos inerentes ao sistema, explicar o seu funcionamento e discutir possíveis alterações ao sistema com base no funcionamento da Produção, e foi realizada aos três turnos de trabalho.

Após fazer a apresentação à Produção foi recolhida a seguinte informação, que criou a necessidade de fazer algumas alterações no procedimento:

- Atualmente, a célula de montagem final 3F20 apenas trabalha em dois turnos. Já as células 3F23 e 3F27 trabalham durante os 3 turnos. A célula 3F19 pode trabalhar em qualquer um dos turnos;
- A linha de montagem manual 3MM1 também trabalha em apenas 2 turnos (os mesmo que a célula 3F20), e tem de garantir a produção para o turno da noite para as células 3F23 e 3F27. Uma vez que a capacidade da linha de montagem manual é superior à capacidade das células de montagem final, com as necessidades atuais do cliente, é suficiente que a linha de montagem manual trabalhe em apenas 2 turnos;
- Uma adaptação das capacidades das células de montagem final e da linha de montagem manual para que se equilibrem seria muito mais trabalhoso e dispendioso do que adaptar o sistema às condições existentes.

Alterações ao procedimento

Devido às condicionantes recolhidas após as apresentações, foi necessário realizar algumas alterações ao funcionamento do sistema proposto:

- Na célula 3F20, que apenas trabalha em dois turnos, o chefe de linha do turno da manhã calcula a quantidade de *kanbans* necessários para o turno seguinte, como foi definido, mas o chefe de linha do turno da tarde, em vez de calcular para o turno da noite, calcula para o turno da manhã do dia seguinte. Como no turno da noite a célula não trabalha, o chefe de linha deste turno não tem de realizar cálculo de *kanbans*;
- Na célula 3F23, o chefe de linha do turno da manhã calcula a quantidade de *kanbans* necessários para os dois turnos seguintes, e o chefe de linha do turno da tarde calcula a

quantidade de *kanbans* para o turno da manhã do dia seguinte. O chefe de linha do turno da noite não tem de realizar cálculo de *kanbans*. Isto porque, uma vez que a célula trabalha em três turnos mas a linha de montagem manual trabalha em dois turnos, é necessário que os *kanbans* sejam postos em circulação nos dois turnos em que a montagem manual trabalha. Neste caso não foi necessário redefinir o tamanho da respetiva *FIFO Lane* uma vez que o limite máximo permite a acumulação do *wip* necessário para o turno da noite;

- Na célula 3F27, que funcionará com uma *FIFO Lane* simples dimensionada no ponto 5.3.5 do capítulo 5, o limite máximo teve de ser alterado para que permita que a montagem manual produza *wip* suficiente para que a célula trabalhe durante o turno da noite completo. Esse limite máximo passou de 108 unidades para 276 unidades, como podemos ver na tabela 21.

Tabela 21 - Redefinição do limite máximo da *FIFO Lane* para a célula 3F27

Limite máximo inicial	108 unidades
tempo máximo garantido na célula de montagem final	146,78 min
Tempo disponível no turno da noite	372 min
Unidades necessárias	274 unidades
Quantidade de containers necessários	23
Limite máximo atual	276 unidades

Quadros de nivelamento e construção de lote

Para a implementação do sistema foram construídos dois quadros de nivelamento para as células 3F20 e 3F23, com o aproveitamento de alguns materiais existentes. Na figura 49 está representada uma visão geral do quadro de nivelamento. Do lado esquerdo está representada a parte frontal do quadro, onde são colocados os cartões *Master* para definir a sequência de produção para o dia seguinte. À direita está representada a parte de trás do quadro, com o sequenciador da montagem final, a caixa lateral para colocar os *kanbans* que deverão ser produzidos, as caixas para colocação do plano da logística e as caixas para arrumação de cartões. Nesta figura, o quadro de nivelamento tem dois sequenciadores para a montagem final uma vez que, como a família produzida nesta célula é composta por duas placas diferentes por unidade, são necessárias duas *FIFO Lanes*. O sequenciador deve espelhar o que está presente nas *FIFO Lanes* daí a necessidade de dois sequenciadores. Porém, apenas no primeiro sequenciador são colocados os cartões *Master*.



Figura 49 - À esquerda a frente do quadro de nivelamento, onde é colocada a sequência de produção para o dia seguinte (cartões *Master*); à direita a traseira do quadro

Na figura 50, na imagem de cima, está ilustrado o sequenciador da montagem final com dois cartões *Master*. Os *kanbans* – *slaves* – para estes *Master* já foram calculados. Uma vez que neste sequenciador não tem nenhum *kanban*, a não ser que o chefe de linha ainda não tenha trazido os *kanbans* já produzidos do sequenciador da montagem manual para este sequenciador, então significa que não existe nada na respetiva *FIFO Lane*. Quando um colaborador abastece a célula de montagem final, desloca-se a este sequenciador, retira os *kanbans* correspondentes e coloca na caixa de arrumação de cartões. Na imagem de baixo podemos verificar as caixas com o plano de produção para a semana e as caixas de arrumação dos *kanbans*.



Figura 50 - Traseira do quadro de nivelamento: em cima o sequenciador da montagem final; em baixo a caixa onde a logística coloca o plano de produção para a semana e as caixas de arrumação dos cartões

Na figura 51 está representada a caixa lateral onde o chefe de linha coloca os *kanbans* calculados para cada cartão *Master*, e de onde o colaborador que abastece a linha retira os *kanbans* para realizar a construção dos lotes. O colaborador só deve retirar a quantidade de *kanbans* correspondente à quantidade de *kanbans* que consumiu da *FIFO Lane*.



Figura 51 - Caixa lateral onde são colocados os kanbans para produção

Na figura 52 está representado o quadro de construção de lote e sequenciador dos braços 2 e 3 da linha de montagem manual 3MM1. Na figura, do lado direito, podemos ver um lote em construção na coluna “Riboard/KME”. Na primeira coluna do “Sequenciador Braço 2” está a sequência de produção definida à medida que os lotes se vão formando. Ao colocar o lote no sequenciador este deve ser colocado com a parte branca virada para cima e com um cartão de produção no início (os cartões de produção estão colocados no fundo do quadro, na coluna da respetiva família – imagem da esquerda). Os cartões de produção são retirados pelo chefe de linha e entregues no respetivo braço da montagem manual, com a quantidade a produzir. À medida que os *kanbans* são produzidos, o colaborador deve virá-los para sinalizar que o *container*/caixa correspondente já se encontra na *FIFO Lane*. O chefe de linha deve retirar os *kanbans* virados e transportar para o sequenciador da montagem final (figura 50).



Figura 52 - À esquerda o quadro de construção de lote e sequenciador da montagem manual; à direita uma visão mais pormenorizada do quadro

Para a célula 3F19 foi reaproveitado um dos quadros já existentes, sem sequenciador de montagem final e sem caixa lateral para a colocação dos *kanbans*, uma vez que, como esta célula apenas produz cerca de uma vez por semana, em pequenas quantidades, e o procedimento para esta célula foi diferenciado, não se justificava o investimento em novos quadros.

Quanto à célula 3F27, uma vez que o braço 1 da linha de montagem manual 3MM1 apenas produz para esta célula, segundo o *BPS (Bosch Production System)* neste caso o *pacemaker* deve ser localizado no braço 1. Por isso o quadro de nivelamento para esta célula manteve-se na montagem manual.

Instruções de trabalho

Para garantir o bom funcionamento do sistema foi criado um conjunto de instruções de trabalho, colocadas nos quadros de nivelamento das células 3F19, 3F20 e 3F23 e também no quadro de construção de lote e sequenciador da montagem manual. Estas instruções ilustram todo o procedimento e são direcionadas ou para os chefes de linha, ou para os colaboradores que fazem o abastecimento das células, ou para os colaboradores que trabalham no final da linha de montagem manual, onde o quadro de construção de lote está localizado.

Para a célula 3F27 não foi necessário criar nenhuma instrução de trabalho, uma vez que o procedimento não foi alterado, apenas foi dimensionada a *FIFO Lane* existente.

No Anexo VI podem ser consultadas as várias instruções de trabalho criadas.

RESULTADOS

Após a realização dos trabalhos apresentados no capítulo anterior, fez-se uma análise dos ganhos obtidos com a sua implementação. Nos pontos seguintes é apresentada essa análise.

Redução de custos com preparação de componentes

Com este trabalho pretendia-se reduzir diretamente os custos de produção. Para tal estudou-se a viabilidade de introdução na linha de montagem manual 3MM2 da preparação de um componente que até então era preparado numa empresa externa. Esta introdução não deveria afetar o tempo de ciclo da linha.

Após a recolha e análise de dados, a preparação e montagem do componente passou a ser realizada no último posto da linha de montagem manual, sem alterar o seu tempo de ciclo. Assim, eliminou-se os custos previstos para o ano de 2014 com a preparação deste componente.

Redefinição do modelo de instrução de trabalho

Com este trabalho pretendia-se melhorar o modelo de instrução de trabalho para facilitar a sua compreensão por parte dos colaboradores. O modelo desenvolvido foi apresentado a alguns colaboradores da produção, que apresentavam maior dificuldade em ler e/ou interpretar as instruções. Estes mostraram-se agradados com o aumento do espaço para imagens e o aumento do tamanho da informação relevante. Para além disso, este modelo veio facilitar o trabalho aos responsáveis pela criação e alteração das instruções de trabalho uma vez que no modelo antigo, enquanto construíam a instrução em computador não era fácil perceber como iria ficar a impressão da instrução. O modelo eliminou também a necessidade de papel previamente formatado para instruções de trabalho.

Implementação de um supermercado entre processos e proposta alternativa

Embora não tenha sido possível implementar um supermercado entre processos, devido ao elevado nível de *wip* criado, e à falta de espaço para implementar o supermercado, desenvolveu-se uma proposta alternativa baseada num sistema *push/pull* e que permitia atingir os objetivos propostos. Para além disso, com a proposta alternativa o nível de *wip* necessário entre processos é inferior ao necessário pelo supermercado, como podemos observar na tabela 22.

Tabela 22 - Comparação do supermercado BPS com o modelo alternativo desenvolvido

Célula	Modelo	Inventário mínimo		Inventário máximo	
		Qnt. Placas	Tempo de produção	Qnt. Placas	Tempo de produção
3F19	Supermercado	-	-	256 unidades	3,96 h
	Alternativa push/pull	0 unidades	0,00 h	256 unidades	3,96 h
3F20	Supermercado	439 unidades	12,60 h	876 unidades	25,30 h
	Alternativa push/pull	124 unidades	3,75 h	334 unidades	10,09 h
3F23 placa CBS	Supermercado	1160 unidades	35,30 h	2232 unidades	70,40 h
	Alternativa push/pull	179 unidades	5,61 h	371 unidades	11,63 h
3F23 placa HIS	Supermercado	951 unidades	29,60 h	1477 unidades	46,20 h
	Alternativa push/pull	116 unidades	3,64 h	308 unidades	9,66 h

Já para a célula 3F27, que também é alimentada pela linha 3MM1, uma vez que esta célula tem um braço da linha de montagem manual inteiramente dedicado a si, não foi necessário desenvolver um modelo para o planeamento e controlo da produção, apenas foi necessário redimensionar a *FIFO Lane* existente.

Ao longo dos pontos seguintes são explicados os benefícios atingidos com a alternativa *push/pull*.

Eliminação da necessidade de planear a produção na linha de montagem manual e simplificação do planeamento e controlo da produção

Na situação existente inicialmente, o chefe de linha precisava de verificar constantemente o que existia em inventário para saber o que produzir na linha de montagem manual. A produção nas células de montagem final era ditada pela produção na montagem manual. Desta forma era comum ser necessário interromper a produção de um determinado *part number* na linha de montagem manual para produzir outro *part number* de outra família, uma vez que o inventário para a respetiva célula de montagem final estava a acabar e havia o risco de a célula parar. Em situações mais extremas, se o chefe de linha falhasse no controlo do inventário as células de montagem final podiam mesmo parar por falta de placas. Esta necessidade de realizar *changeovers* não planeados na linha de montagem manual afetava negativamente a produtividade do sistema.

Com o modelo *push/pull* implementado, o planeamento e controlo da produção tornou-se bastante mais simples e eficiente. O chefe de linha do turno da manhã apenas tem de definir a

seqüência de produção para o dia seguinte, o que normalmente consiste em pegar nos cartões de palete – *Master* – pela ordem que a logística definiu e colocar no quadro de nivelamento. Depois apenas tem de calcular a quantidade de *kanbans* necessários para o turno seguinte / turnos seguintes. Esta atividade demora menos de 5 minutos a ser realizada.

A definição da seqüência de produção para os braços 2 e 3 da linha de montagem manual 3MM1 passa a realizar-se automaticamente. À medida que as células de montagem final consomem *wip* das *FIFO Lanes* são libertados novos *kanbans* que servirão para construir os lotes a produzir. À medida que os lotes são completos são colocados no sequenciador do respetivo braço da linha de montagem manual juntamente com um cartão de produção. Assim, a seqüência de produção da montagem manual é ditada pelo consumo das células de montagem final, e o chefe de linha apenas tem de retirar do sequenciador os cartões de produção dos novos lotes para dar a ordem de produção, e transportar os *kanbans* já produzidos para o sequenciador da montagem final.

Pedidos de placas ao *Milk Run*

Na situação existente, o *milk run*, responsável pelo transporte das placas de circuito impresso desde o supermercado da inserção automática para as linhas de montagem manual, para saber o que tinha de trazer durante o turno verificava o que estava planeado no quadro de nivelamento de cada um dos três braços da linha 3MM1 e/ou perguntava ao chefe de linha. No braço 1, uma vez que este braço apenas produz para a célula 3F27, a seqüência definida é geralmente cumprida, pelo que o *milk run* consegue realizar o abastecimento sem problemas. Porém, nos braços 2 e 3 a seqüência definida no quadro de nivelamento dificilmente é cumprida. Com as mudanças de produção causadas pelos motivos explicados no ponto anterior o chefe de linha tinha de comunicar regularmente a quantidade e o *part number* da placa de circuito impresso que iria consumir em seguida. Estas alterações eram transmitidas quando o *milk run* vinha abastecer a linha ou então o chefe de linha telefonava para o *milk run*. Em situações de mudança de produção mais repentinas a linha podia parar à espera que o *milk run* trouxesse as placas. Mais uma vez, a produtividade da linha era afetada.

Com o modelo *push/pull* implementado o *milk run* apenas tem de consultar os cartões de produção que o chefe de linha coloca no respetivo braço da montagem manual e registar a quantidade e o *part number* da placa que tem de trazer. Uma vez que a seqüência de produção é definida automaticamente à medida que as células consomem da *FIFO Lane* e existe um *wip* mínimo, não há alterações não planeadas da produção, e o chefe de linha já não precisa de comunicar ao *milk run* as necessidades de placas.

Pedidos de material para mudança de produção

Quando há um *changeover*, o chefe de linha tem de comunicar antecipadamente aos responsáveis pelo abastecimento de materiais a hora prevista para o *changeover*, para que os materiais necessários sejam preparados. Na situação existente, quando ocorriam *changeovers* não planeados, como a comunicação aos responsáveis pelo abastecimento dos materiais podia não ser comunicada com a antecedência necessária, a linha podia parar à espera dos materiais necessários. Mais uma vez, a produtividade da linha era afetada.

Com o modelo *push/pull* implementado, uma vez que a sequência de produção para a montagem manual se define automaticamente, não há *changeovers* não planeados e os responsáveis pelo fornecimento de materiais à linha de montagem manual são informados com a antecedência necessária. Neste caso, através da consulta dos sequenciadores é possível saber com aproximação a hora em que o *changeover* se vai realizar.

Estabilização dos níveis de *wip* entre processos

Na situação existente, os níveis de inventário podiam oscilar entre o inventário nulo e inventário suficiente para mais do que um turno de trabalho. No primeiro caso, a montagem manual estava a produzir diretamente para uma célula de montagem final, o que poderia provocar a paragem de uma das outras células, caso os seus níveis de inventário também fossem baixos. O segundo caso revelava a produção excessiva para uma determinada célula, pelo que os níveis de inventário para outras células era mantido mais baixos.

Com o modelo *push/pull* implementado, os níveis de inventário apenas podem variar entre os limites definidos, que são os limites necessários para o bom funcionamento do sistema. Torna-se mais fácil definir o espaço utilizado pelas *FIFO Lanes* de cada célula. O tempo de atravessamento dos produtos deixa de ser inconstante e passa a ser mais estabilizado.

Sincronismo da produção

O fato de ser necessário controlar o nível de inventário para definir a sequência de produção, as mudanças de produção repentinas para evitar que uma célula de montagem final pare por falta de placas e as oscilações verificadas nos níveis de inventário demonstram que não existia sincronismo entre a linha de montagem manual e as células de montagem final.

Com o modelo *push/pull* implementado, a célula de montagem final é que liberta *kanbans* para produção à medida que consome da *FIFO Lane*. Só quando o lote é completo é que é colocado no

sequenciador do respetivo braço da linha de montagem manual. Assim, a produção só se realiza quando é necessário e diminui-se o desperdício de sobreprodução, uma vez que se evita produzir com demasiada antecedência.

Melhor transparência e gestão visual

Na situação existente, para saber o que existia em inventário era necessário verificar as rampas onde este era colocado, fazer a contagem de *containers*/caixas e verificar se estavam todos completos. Para saber o que estava em produção tanto na célula de montagem final como na linha de montagem manual, era necessário perguntar aos colaboradores ou ao chefe de linha. O mesmo era necessário para saber o que seria produzido de seguida. Era também difícil saber a hora de início de produção de um determinado *part number*, pois essa informação não existia para a montagem final, e a existente para a montagem manual podia não ser a mais correta devido às mudanças de produção não planeadas.

Em contraste, com o modelo *push/pull* implementado, para saber o estado do sistema basta verificar os quadros existentes. Através da visualização dos sequenciadores da montagem final e dos *kanbans* já produzidos colocados no sequenciador da montagem manual, caso o chefe de linha ainda não os tenha trazido para o sequenciador da montagem final, é possível saber o que está em cada uma das *FIFO Lanes*. No quadro de nivelamento colocado em cada uma das células de montagem final pode-se visualizar o que está a ser produzido no momento, o que será produzido de seguida e a sequência de produção para o dia seguinte, assim como a hora prevista para iniciar a produção de cada *part number*. Já no sequenciador da montagem manual é também possível verificar o que está a ser produzido, qual o lote que será produzido de seguida e se já foi dada ordem de produção para esse mesmo lote.

Diminuição do stress

A constante necessidade de verificar inventário, as mudanças de produção não planeadas e as paragens à espera de materiais, a falta de placas para abastecer as células de montagem final, e todas as incertezas associadas ao sistema existente impunham algum stress aos colaboradores e chefes de linha. Este stress deixa de se verificar ou é atenuado, uma vez que o sistema implementado resolve ou diminui os problemas apresentados e permite uma maior eficácia e facilidade no planeamento e controlo da produção.

Principais benefícios atingidos com o sistema *pull/push* implementado

Após a análise efetuada aos principais benefícios obtidos com o sistema implementado este são resumidos de seguida:

- O planeamento e controlo da produção é mais simples e eficiente, com redução do tempo necessário para executar estas atividades;
- Definição automática da sequência de produção para a linha de montagem manual 3MM1;
- Eliminação da necessidade de verificar o inventário e de realizar *changeovers* não planeados na linha de montagem manual para garantir que a montagem final trabalha;
- Eliminação da necessidade de comunicação ao *milk run* das necessidades de placas;
- Comunicação mais correta e eficiente aos responsáveis pelo abastecimento de materiais sobre os *changeovers* a realizar;
- Redução das paragens não planeadas;
- Estabilização dos níveis de *wip* entre processos;
- Melhor transparência e gestão visual;
- Diminuição do stress para os colaboradores.

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Conclusões

Para a presente dissertação, foram propostos alguns objetivos, apresentados no primeiro capítulo, e lembrados de seguida:

- Reduzir custos de produção;
- Melhorar o modelo de instrução de trabalho para facilitar a sua compreensão por parte dos colaboradores;
- Simplificar o processo de planeamento e controlo da produção para a principal linha de montagem manual e para as respetivas células de montagem final, diminuir o tempo necessário para esta atividade e o stress associado;
- Diminuir o desperdício de sobreprodução e os níveis de inventário e melhorar o sincronismo entre a principal linha de montagem manual e as respetivas células de montagem final;
- Melhorar a gestão visual e a transparência dos processos;

Para atingir estes objetivos foram realizados os três trabalhos apresentados no capítulo 5. O primeiro trabalho, “Redução de custos com preparação de componentes”, foi o único no qual foi possível observar uma redução direta de custos. A introdução da preparação do componente, para além de eliminar os custos existentes até então com a sua preparação, permitiu diminuir tempos de espera e melhorar o balanceamento da linha. Tudo isto foi possível sem aumentar o tempo de ciclo, pelo que se pode concluir que com este trabalho se conseguiu atingir um dos objetivos propostos inicialmente, a redução dos custos de produção.

O segundo trabalho, “Redefinição do modelo de instrução de trabalho”, já não visava a redução direta de custos, mas antes uma melhoria na construção e compreensão das instruções de trabalho. Foram identificados alguns pontos de melhoria, como o pouco espaço para definir a sequência de montagem e para a colocação de imagens, o que prejudicava a leitura e perceção das instruções por parte dos colaboradores da produção, a má identificação da informação relevante e o mau aproveitamento do espaço existente. Para além disso havia ainda a necessidade de manter inventário de papel pré-formatado. Todos estes pontos foram melhorados com o novo modelo, havendo um melhor aproveitamento do espaço existente para a colocação da informação relevante, que passou a ser também melhor perceptível. Este novo modelo foi aprovado pelos responsáveis e pelos

colaboradores da produção, pelo que se passou imediatamente à sua utilização. O sucesso deste trabalho apenas pode ser medido com base na satisfação dos colaboradores, que prontamente identificaram a melhor leitura e compreensão das instruções, imagens e outra informação relevante como o *part number* do produto ao qual se refere e o número da instrução. Daqui se pode concluir que este trabalho cumpriu também os objetivos propostos.

O terceiro e principal trabalho desta dissertação, “Implementação de um supermercado entre processos” era aquele que visava um maior ganho, tanto no funcionamento da produção como na satisfação dos colaboradores. Foram identificados os principais problemas, dos quais se destaca o método de planeamento e controlo da produção, os inventários descontrolados e a falta de transparência e gestão visual presentes, por exemplo, na necessidade constante de verificar inventários e na ocorrência de *changeovers* não planeados. Como consequência, estes problemas causavam assim um elevado stress nos colaboradores. Foi então dimensionado um supermercado entre processos recorrendo à fórmula de cálculo definida pelo *Bosch Production System*. Após definidas as dimensões do supermercado analisou-se a viabilidade da sua implementação. Verificou-se então que essa implementação não era viável devido à elevada quantidade de inventário criada pela fórmula *kanban* e à falta de espaço para a sua implementação. Desta forma, para que se conseguissem atingir os objetivos propostos, foi realizada uma proposta alternativa ao supermercado.

Com base no sistema *kanban* e no sistema *CONWIP* foi criado um modelo *push/pull* para o planeamento e controlo da produção, cuja implementação se tornou viável. O planeamento da produção passou a ser feito para as células de montagem final, foram dimensionadas *FIFO Lanes* para cada uma das células, e foi determinado o *wip* mínimo e máximo para que o sistema funcione sem problemas. Com este sistema, o planeamento e controlo da produção passou a ser muito mais fácil e eficiente, e o tempo necessário para a sua realização diminuiu. Deixou de ser necessário definir a sequência de produção para cada um dos braços da linha de montagem manual e a consequente necessidade de verificar o inventário, uma vez que, com a construção dos lotes, a sequência de produção se define automaticamente. A ocorrência de *changeovers* não planeados na manual, para que uma célula não fique sem placas é eliminada, assim como os problemas associados. Este sistema permitiu também uma melhoria significativa na transparência e na gestão visual, uma vez que através da visualização dos quadros passou a ser possível verificar todo o estado do sistema e identificar falhas. Consequentemente diminuiu todo o stress associado ao sistema anterior.

Estes três trabalhos foram implementados e, pela análise dos resultados, pode-se concluir que essa implementação ocorreu com sucesso. No entanto, relativamente ao terceiro trabalho cuja ideia

inicial era a implementação de um supermercado que facilitasse e melhorasse o planeamento e controlo da produção, embora não tenha sido possível implementar esse supermercado, conseguiu-se criar uma alternativa viável que permitisse atingir os objetivos propostos. De uma forma global, os objetivos propostos para este trabalho foram alcançados

Trabalhos futuros

Uma vez que a procura constante pela melhoria dos processos é essencial para o sucesso de uma empresa, propõe-se a realização de mais alguns trabalhos na área produtiva de CM-MS. Na sequência do sistema *push/pull* implementado, propõe-se o desenvolvimento de uma metodologia que permita comunicar as necessidades de placas ao *milk run* sem que este precise de verificar os cartões de produção e sem que tenha de ser o chefe de linha a comunicar as necessidades. Também na sequência deste projeto, recomenda-se a criação de *standards* para o abastecimento de placas às células de montagem final, e a definição de colaboradores para essa tarefa, como já é feito para o abastecimento de materiais às linhas.

Outro projeto de grande importância para CM-MS seria a implementação de um sistema puxado para a linha de montagem manual 3MM3. Esta linha apresenta os mesmos problemas que a linha 3MM1 antes da implementação do sistema *push/pull*, embora seja um pouco mais complexa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bell, S. (2005). *Lean enterprise systems: using IT for continuous improvement* (Vol. 33): John Wiley & Sons.
- Bonney, M. C., Zhang, Z. M., Head, M. A., Tien, C. C., & Barson, R. J. (1999). Are push and pull systems really so different? *International Journal of Production Economics*, 59(1-3), 53-64. doi: 10.1016/S0925-5273(98)00094-2
- Bosch. (2005). O que nos move, o que nos une, o que representamos. House of Orientation: Visão, Missão, Valores, Competências Empresariais, Bosch Business System. In Bosch (Ed.), *Publicação Interna*.
- Bosch. (2011). Bosch Productin System | Logistics Standard, Implementation Guide - Production Control | Kanban Formula: Bosch.
- Bosch. (2013). Bosch Production System: Always Doing Better. In Bosch (Ed.), *Publicação Interna*: Bosch.
- Braga, I. (2012). *Aplicação do VSDiA para melhoria do processo de cotação na indústria eletrónica* (Grau de Mestre), Universidade do Minho.
- Danese, P., Romano, P., & Bortolotti, T. (2012). JIT production, JIT supply and performance: investigating the moderating effects. *Industrial Management & Data Systems*, 112(3-4), 441-465. doi: 10.1108/02635571211210068
- Dombrowski, U., & Mielke, T. (2013). Lean Leadership – Fundamental Principles and their Application. *Procedia CIRP*, 7(0), 569-574. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2013.06.034>
- Farris, J. A., Van Aken, E. M., Doolen, T. L., & Worley, J. (2008). Learning From Less Successful Kaizen Events: A Case Study. *Emj-Engineering Management Journal*, 20(3), 10-20.
- Feld, W. M. (2002). *Lean manufacturing: tools, techniques, and how to use them*: CRC Press.
- Gao, S., & Low, S. P. (2014). The Toyota Way model: an alternative framework for lean construction. *Total Quality Management & Business Excellence*, 25(5-6), 664-682.
- Gentry, R. J., & Elms, H. (2009). Firm Partial Modularity and Performance in the Electronic Manufacturing Services Industry. *Industry and Innovation*, 16(6), 575-592. doi: 10.1080/13662710903371074
- Glover, W. J., Liu, W. H., Farris, J. A., & Van Aken, E. M. (2013). Characteristics of established kaizen event programs: an empirical study. *International Journal of Operations & Production Management*, 33(9), 1166-1201. doi: 10.1108/ijopm-03-2011-0119
- Gross, J. M., & McInnis, K. R. (2003). *Kanban made simple: demystifying and applying Toyota's legendary manufacturing process*: AMACOM Div American Mgmt Assn.
- Hall, R. W., & Group, A. R. M. (1981). *Driving the productivity machine: production planning and control in Japan : a research report*: American Production and Inventory Control Society.
- Harris, C., & Harris, R. (2008). *Lean Connections: Making Information Flow Efficiently and Effectively*: PRODUCTIVITY PressINC.
- Hutchins, D. (1999). *Just in Time*: Gower.
- Hutchins, D. C. (2008). *Hoshin Kanri: The Strategic Approach to Continuous Improvement*: Gower.
- Imai, M. (1986). *Kaizen (Ky'zen), the key to Japan's competitive success*: McGraw-Hill.
- Imai, M. (1997). *Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-Cost Approach to Management*: McGraw-hill.
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*: McGraw Hill.
- Liker, J., & Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook*: McGraw-Hill.
- Liker, J. K., & Lamb, T. (2000). *Lean Manufacturing Principles Guide, Version 0.5. A Guide to Lean Shipbuilding*: DTIC Document.
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662-673.

- Monden, Y. (2011). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time, 4th Edition*: Taylor & Francis.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System Beyond Large-Scale Production*: Taylor & Francis Inc.
- Ortiz, C. A. (2006). *Kaizen assembly: designing, constructing, and managing a lean assembly line*: CRC Press.
- Romano, E., Santillo, L. C., & Zoppoli, P. (2008). The change from push to pull production: effects analysis and simulation. *Computing and Computational Techniques in Sciences*, 90-97.
- Roos, D., Womack, J., & Jones, D. (1991). *The Machine That Changed The World*: Simon & Schuster.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda*: Lean Enterprise Institute.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*: Taylor & Francis.
- Spear, S., & Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review*, 77(5), 96.
- Spearman, M. L., Woodruff, D. L., & Hopp, W. J. (1990). CONWIP - a pull alternative to kanban. *International Journal of Production Research*, 28(5), 879-894. doi: 10.1080/00207549008942761
- Suzaki, K. (2010). *Gestão de Operações Lean: Metodologias Kaizen para a Melhoria Contínua*: LeanOp Press.
- Vienazindiene, M., & Ciarniene, R. (2013). Lean Manufacturing Implementation and Progress Measurement. *Economics and Management*, 18(2), 366-373.
- Warnecke, H. J. (1995). Lean production. *International Journal Of Production Economics*, 1995, Vol.41(1-3), pp.37-43, 41(1), 37-43. doi: 10.1016/0925-5273(95)00080-1
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*: Simon & Schuster.
- Worley, J., & Doolen, T. (2006). The role of communication and management support in a lean manufacturing implementation. *Management Decision*, 44(2), 228-245.

ANEXO I – RECOLHA DE DADOS NA LINHA DE MONTAGEM MANUAL 2

Na tabela 23 estão representados os valores de tempo de ciclo medidos nos 7 postos da linha de montagem manual 3MM2. Estas medições foram efetuadas em dias e turnos diferentes.

Tabela 23 - Dados recolhidos durante as medições efetuadas na linha 3MM2

Produto	Posto						
	Posto 1	Posto 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5	Posto 6	Posto. Caixilhos
8737 703 818	17,68 s	17,91 s	18,22 s	18,03 s	18,47 s	19,41 s	8,02 s
	14,23 s	16,50 s	18,28 s	19,04 s	23,31 s	23,44 s	7,51 s
	19,68 s	22,96 s	21,44 s	23,05 s	21,19 s	18,59 s	9,54 s
	14,38 s	25,10 s	21,56 s	20,41 s	15,35 s	21,12 s	10,40 s
	19,78 s	19,35 s	19,97 s	27,65 s	22,24 s	23,62 s	9,70 s
Média	17,15 s	20,36 s	19,89 s	21,64 s	20,11 s	21,24 s	9,03 s
8737 703 196	19,59 s	18,53 s	17,94 s	18,41 s	19,06 s	28,72 s	11,22 s
	14,94 s	19,19 s	17,74 s	16,41 s	17,69 s	17,44 s	9,35 s
	17,84 s	20,94 s	18,60 s	19,34 s	19,78 s	17,56 s	8,54 s
	18,04 s	20,25 s	16,88 s	19,62 s	17,32 s	19,34 s	10,34 s
	19,09 s	22,84 s	19,56 s	18,75 s	17,47 s	18,97 s	7,98 s
Média	17,90 s	20,35 s	18,14 s	18,51 s	18,26 s	20,41 s	9,49 s
8737 703 814	17,06 s	25,97 s	38,25 s	28,66 s	18,06 s	33,06 s	8,56 s
	26,47 s	25,38 s	23,93 s	35,31 s	16,16 s	29,16 s	9,23 s
	25,88 s	20,83 s	21,64 s	28,56 s	41,56 s	30,81 s	10,45 s
	21,44 s	21,44 s	22,84 s	33,29 s	19,69 s	34,38 s	12,45 s
	27,85 s	23,05 s	21,31 s	27,43 s	30,94 s	28,91 s	8,96 s
Média	23,74 s	23,33 s	25,59 s	30,65 s	25,28 s	31,26 s	9,93 s
8737 704 365	25,63 s	34,87 s	25,85 s	26,06 s	44,09 s	17,97 s	9,45 s
	25,40 s	32,81 s	27,78 s	3,81 s	28,66 s	48,50 s	10,45 s
	24,60 s	42,57 s	26,74 s	30,16 s	31,25 s	34,09 s	8,87 s
	26,24 s	25,50 s	29,63 s	26,65 s	28,78 s	34,41 s	10,76 s
	20,72 s	23,10 s	28,25 s	40,32 s	31,07 s	27,00 s	10,23 s
Média	24,52 s	31,77 s	27,65 s	25,40 s	32,77 s	32,39 s	9,95 s
8737 704 341	23,25 s	25,66 s	28,28 s	25,00 s	31,85 s	25,28 s	9,65 s
	27,50 s	23,06 s	29,07 s	25,28 s	28,82 s	26,31 s	9,23 s
	24,35 s	22,19 s	28,15 s	23,66 s	26,00 s	18,57 s	12,54 s
	31,65 s	28,12 s	24,06 s	29,38 s	25,50 s	20,71 s	10,87 s
	25,97 s	28,38 s	24,16 s	31,59 s	22,78 s	24,31 s	9,45 s
Média	26,54 s	25,48 s	26,74 s	26,98 s	26,99 s	23,04 s	10,35 s
Média Global	21,97 s	24,26 s	23,61 s	24,63 s	24,68 s	25,67 s	9,75 s

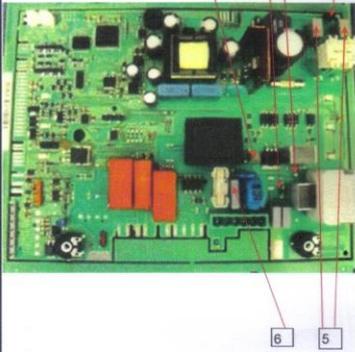
ANEXO II – MODELOS DE INSTRUÇÃO DE TRABALHO



Instruções para Fabricação e Controlo

Sequência de Trabalho

COLOCAÇÃO MANUAL DE ELEMENTOS / HEATRONIC

Mão	Seq	Descrição da Tarefa:	Nº de peça	Rampa	Foto
E/D	1	VERIFICAR ACONDICIONAMENTO DAS PLACAS NO CONTAINER			
		PEGAR PLACA DO CONTAINER VERIFICAR PCB TROCADO / DANIFICADO VERIFICAR COMPONENTES TROCADOS / MISTURADOS / DANIFICADOS			
E/D	2	COLOCAR NA BASE		B1L	
E/D	3	PEGAR E COLOCAR 2 DIODOS EM POSIÇÃO		A7L	
E/D	4	VERIFICAR A POLARIDADE DO DIODO		A6L	
E/D	4	PEGAR E COLOCAR RESISTENCIA		A6L	
E/D	5	PEGAR E COLOCAR CONDENSADOR 2 vezes		A5L	
E/D	6	PEGAR E COLOCAR CONDENSADOR		A4L	
E/D	7	PEGAR E COLOCAR RESISTÊNCIA		A6L	
		Verificar o estado de todos os componentes: Posição, quantidade e controlar se estão coplanares com o pcb ou seja totalmente inseridos			

Instruções de Qualidade

Defeitos	Observações	Origem	Deteção	Limite de resposta
Verificação descrita na sequência das operações				VER TABELA DOS LIMITES DE REACÇÃO DO POSTO / ÁREA

Colocar o material não conforme na caixa de refugo; Produto Não Conforme entregar logo à reparação
Manter o local de Trabalho Limpo e Organizado

Elementos Organizativos:							
Nº da IFC:	27_Heatronic_1142	Edição: 03	Data: 08.08.14	Autor	Verificação	Motivo da Alteração: Introdução da imagem com indicação da posição dos diodos	
Família/ Produto/ Fase PSQP	Heatronic			TEF1 / Ricardo Silva			
Nº de Peça/Nº Fase PSQP	8737 704 671			 			
Localização:	Linha MM2			Lug.	1 / 5		Pag.
Endereço:							

V3339

Figura 53 - Modelo antigo de instrução de trabalho

Instruções para Fabricação e Controlo

5 504

Sequência de Trabalho

HEATRONIC HT3 RATIO / COLOCAÇÃO MANUAL DE ELEMENTOS

Mão	Seq	Descrição da Tarefa:	Nº Peça	Rampa	Foto
		Verificar Componentes trocados, misturados ou danificados			
D/E	1	Pegar e colocar 2 condensadores		A5L	
D/E	2	Pegar e colocar condensador		A7L	
D/E	3	Pegar e encaixar conjunto chapa dissipadora			
D/E	4	Pegar e colocar ficha régua de contatos 4 polos		A2L	
		Verificar se os componentes não estão defeituosos e se estão corretamente inseridos.			
		Ver tabela dos limites de reação do posto/ área.			
Colocar o material não conforme na caixa de refugo; Produto não conforme entregar logo à reparação; Manter o Local de trabalho limpo e organizado					

Elementos Organizativos:

Nº da IFC:	27_Heatronic_7504	Edição: 04	Data: 11.06.2014	Autor	Verificação	Motivo da Alteração:
Família/ Produto/ Fase PSQP:	Heatronic HT3 Ratio			CM-MS-TEF/ Ricardo Silva	p/ CM-MS-TEF	Alteração da distribuição
Nº do Peça/Nº Fase PSQP:	8737 703 818			<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	
Localização:	Linha: MM2			Lug. 6/5	Pag. 1/1	
Endereço:						

Figura 54 - Novo modelo de instrução de trabalho

ANEXO III – FÓRMULA *KANBAN BOSCH PRODUCTION SYSTEM*

Desde a criação do *Bosch Production System*, a Bosch tem desenvolvido a sua própria fórmula *kanban*, que vai sendo melhorado com a experiência. A versão mais desta fórmula está representada na figura 55.

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

Figura 55 - Fórmula *kanban* BPS (Bosch, 2011)

RE (*Replenishment Time Coverage*)

Esta variável cobre a procura dentro do tempo de reposição de 1 *kanban*, desde que o cliente retire do supermercado de acordo com o *takt time*. É calculada através da fórmula apresentada na figura 56.

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

Figura 56 - Fórmula de cálculo RE (Bosch, 2011)

- RTloop (*Replenishment Time Loop*) – representa o tempo entre o momento que um *kanban* é retirado do supermercado, até ao momento em que o mesmo regressa ao supermercado. O tempo de espera fora do POT (*planned operation time*) não é contemplado. Este fator é constituído por 6 partes, ilustradas na figura 57.

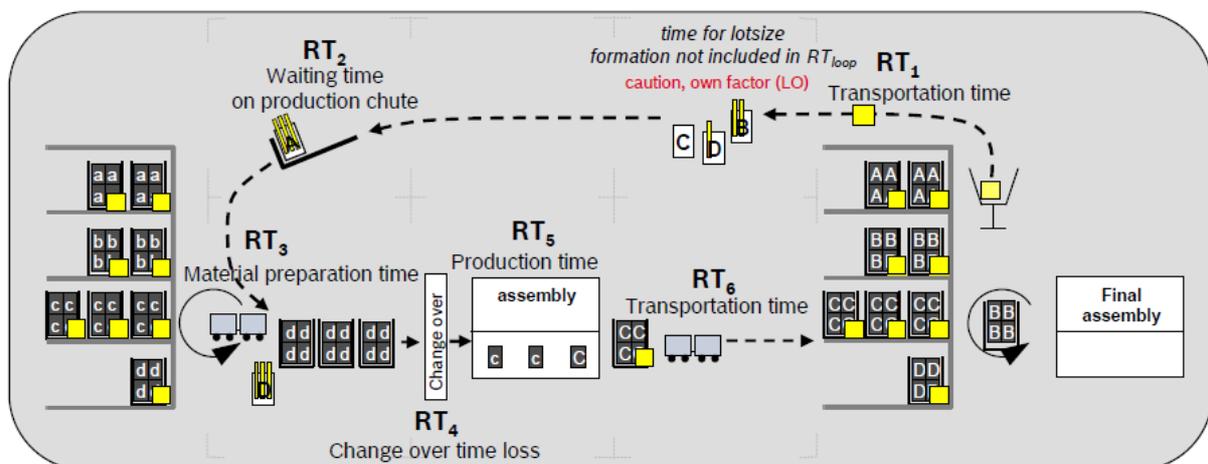


Figura 57 - RTLoop: replenishment time loop (Bosch, 2011)

- RT1 – tempo entre a retirada do *kanban* do supermercado e a sua chegada ao sequenciador de produção, ou ao quadro de nivelamento, caso a produção seja nivelada.
- RT2 – tempo de espera no sequenciador de produção, ou quadro de nivelamento. O *BPS* sugere duas fórmulas de cálculo para este valor, consoante a quantidade de A's (*high runners*): se houver uma grande quantidade de A's deve-se utilizar a fórmula da figura 58, se houver um número claro de A's deve-se utilizar a fórmula da figura 59.

$$RT_2 = \frac{1}{2} (\text{number of racer types}) \times [(\emptyset LS \times \emptyset CT) + \emptyset \text{ changeover time loss}]$$

Figura 58 - Fórmula de cálculo RT2 para grande quantidade de A's (Bosch, 2011)

$$RT_2 = [(LS_{\text{type 1}} \times CT_{\text{type 1}}) + \text{changeover loss time}_{\text{type 1}}] + [(LS_{\text{type 2}} \times CT_{\text{type 2}}) + \text{changeover loss time}_{\text{type 2}}] + (\dots)$$

Figura 59 - Fórmula de cálculo RT2 para quantidade clara de A's (Bosch, 2011)

- RT3 – tempo para a preparação de material (*milk run*);
 - RT4 – perdas devido ao *changeover*;
 - RT5 – tempo de produção de 1 *kanban*;
 - RT6 – tempo de transporte até ao supermercado.
- POT (*Planned Operation Time*) – tempo de operação de um determinado período, que pode ser um turno, um dia, uma semana, ou um mês de trabalho, por exemplo. Os tempos de paragens planeadas não são tidos em conta.
 - PR (*Period Requirement*) – procura de cada *part number* durante o POT.
 - NPK (*Number of Parts per Kanban*) – número de unidades por *kanban*.

LO (*Lot Size Coverage*)

Esta variável cobre o tempo necessário para a formação do lote, se o cliente retirar do supermercado de acordo com o *takt time*. É calculada através da fórmula apresentada na figura 60.

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

Figura 60 – Fórmula de cálculo LO (Bosch, 2011)

- LS (*Lot Size*) – tamanho do lote de cada *part number*.

WI (Withdrawal Peak Coverage)

Esta variável calcula a quantidade adicional de *kanbans* necessária para cobrir os levantamentos planeados do cliente, que não são feitos dentro do *takt time*. É calculada através da fórmula apresentada figura 61.

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

Figura 61 - Fórmula de cálculo WI (Bosch, 2011)

- WA (*Withdrawal Amount*) – máxima quantidade retirada planeada, dentro do tempo de reposição de 1 *kanban*.

Se o valor calculado de WI for menor do que zero, então esta variável é considerada como sendo igual a zero.

SA (Safety Time Coverage)

Esta variável é um fator adicional de segurança para prevenir falhas e atrasos, desvios na procura e outras situações fora da normalidade. É calculada através da fórmula apresentada na figura 62.

$$SA = SA_1 + SA_2 + SA_3$$

Figura 62 - Fórmula de cálculo SA (Bosch, 2011)

- SA1 – flutuações desconhecidas no *output* e no *lead time* do processo produtivo, ou seja, perdas de OEE (*Overall equipment Effectiveness*). A fórmula de cálculo deste fator está representado na figura 63.

$$SA_1 = \frac{WA_{ext} - WA}{NPK} + \frac{WA}{NPK} \times (\text{scrap in \%} + \text{rework in \%}) / 100$$

Figura 63 - Fórmula de cálculo SA1 (Bosch, 2011)

- SA2 – desvios não planeados na procura. A fórmula de cálculo deste fator está representado na figura 64.

$$SA_2 = \frac{WA}{NPK} \times \text{deviation in \%}/100$$

Figura 64 - Fórmula de cálculo SA2 (Bosch, 2011)

- SA3 – outras incertezas adicionais. A fórmula de cálculo deste fator está representado na figura 65.

$$SA_3 = \frac{\text{additional quantity}}{NPK}$$

Figura 65 - Fórmula de cálculo SA3 (Bosch, 2011)

ANEXO IV – DADOS RECOLHIDOS PARA O CÁLCULO DA QUANTIDADE DE *KANBANS* E PARA O DIMENSIONAMENTO DA *FIFO LANE*

Neste anexo são apresentados todos os dados recolhidos, necessários para realizar o cálculo da quantidade de *kanbans*.

Medição dos tempos de *changeover* no braço 2 e 3 da linha 3MM1

Uma vez que a recolha dos tempos de *changeover* entre todos os *part numbers* produzidos em cada um dos 3 braços da linha 3MM1 é um objetivo muito difícil de alcançar, já que para isso seria necessário que todas as combinações possíveis ocorressem, o que não acontece, o procedimento utilizado consistiu em realizar o máximo de medições possíveis e, a partir desses valores, determinar valores aproximados para as outras combinações de *part numbers*. Na tabela 24 e na tabela 25 estão os dados recolhidos. Embora não tenha sido possível recolher informação para representar todas as combinações possíveis, as combinações mais frequentes estão representadas.

Tabela 24 - Tempos de *changeover* recolhidos no braço 2 da linha 3MM1

	Medições									Média
de placa Trim His para placa Riboard	10,5	6,0	6,0	22,0	6,0	12,0	9,0	21,0		11,56 min
de placa Trim His para placa KME	10,0									10,00 min
de placa Riboard para Trim His	19,0	20,0	9,0	15,0	2,0	23,0	9,0			13,86 min
de placa KME para Trim His	11,0									11,00 min
de placa Riboard para KME										
de placa KME para placa Riboard	6,0	3,0	12,0	14,0	10,0	2,0	3,0	6,0	2,0	6,44 min
de placa Trim His para Trim His										
de placa KME para KME										
de placa Riboard para Riboard										

Melhoria de processos produtivos numa empresa de produtos eletrônicos

Tabela 25 - Tempos de *changeover* recolhidos no braço 3 da linha 3MM1

	Medições						Média
de placa Trim CBS para Nefit	27,0	8,0					17,50 min
de placa Trim CBS para CAE							
de placa Nefit para Trim CBS	9,7	20,0	7,0	10,0			11,69 min
de placa CAE para Trim CBS	9,7	4,0	7,0				6,91 min
de placa Nefit para CAE							
de placa CAE para Nefit							
de placa Trim CBS para Trim CBS	8,0	5,0	12,0	12,0	7,0	7,0	8,50 min
de placa CAE para CAE	2,0	6,0	6,0				4,67 min

Com estes dados, foi criada a matriz de *changeover* para cada um dos braços. Essas matrizes estão representadas na tabela 26 e tabela 27.

Tabela 26 - Matriz de *changeover* do braço 2 da linha 3MM1

De \ Para (min)	8718 686 755	8718 561 903	8737 903 61A	8718 610 25A	8718 687 164	8707 207 294	8707 207 295	8718 561 995
8718 686 755		13,86	13,86	13,86				13,86
8718 561 903	11,56		6,44	6,44	11,56	10,00	10,00	6,44
8737 903 61A	11,56	6,44		6,44	11,56	10,00	10,00	6,44
8718 610 25A	11,56	6,44	6,44		11,56	10,00	10,00	6,44
8718 687 164		13,86	13,86	13,86				13,86
8707 207 294		11,00	11,00	11,00				11,00
8707 207 295		11,00	11,00	11,00				11,00
8718 561 995	11,56	6,44	6,44	6,44	11,56	10,00	10,00	

Tabela 27 - Matriz de *changeover* do braço 3 da linha 3MM1

De \ Para (min)	8718 561 903	8737 903 61A	8718 610 25A	7746 000 34A	8707 207 179	8707 207 362	8707 207 180	8707 207 363	8718 561 995
8718 561 903		8,50	8,50	17,50					8,50
8737 903 61A	8,50		8,50	17,50					8,50
8718 610 25A	8,50	8,50		17,50					8,50
7746 000 34A	11,69	11,69	11,69						11,69
8707 207 179	6,91	6,91	6,91			4,67	4,67	4,67	6,91
8707 207 362	6,91	6,91	6,91		4,67		4,67	4,67	6,91
8707 207 180	6,91	6,91	6,91		4,67	4,67		4,67	6,91
8707 207 363	6,91	6,91	6,91		4,67	4,67	4,67		6,91
8718 561 995	8,50	8,50	8,50	17,50					

Medição da quantidade de *WIP* para os braços 2 e 3

Para determinar a quantidade de *wip* nos braços 2 e 3 foi feita a contagem do número de pcb's em cada um dos braços, e a quantidade de pcb's a partir do posto em que os 3 braços se juntam, até ao fim da linha. Na tabela 28 estão representados os dados recolhidos. Para o cálculo da quantidade de *kanbans*, ao *wip* de cada um dos braços é somado o *wip* existente após o posto de colocação dos pcb's nos caixilhos, que é o posto onde os 3 braços se juntam.

Tabela 28 - *Work in process* na linha 3MM1

	<i>work in process</i> (unidades)				Média
Braço 1	4	7	9	5	6,25
Braço 2	5	6	3	3	4,25
Após posto de colocação dos pcb's nos caixilhos	16	16	20	24	19

Definição do tamanho do lote

Uma vez que no planeamento da produção realizado pela logística o tamanho do lote de cada um dos *part numbers* pode ser muito variável, foi realizada uma simulação de nivelamento para um mês, de forma a obter um valor aproximado do tamanho do lote. Essa simulação é apresentada na tabela 29 e tabela 30.

Melhoria de processos produtivos numa empresa de produtos eletrônicos

Tabela 29 - Simulação do nivelamento da produção para o braço 2 da linha 3MM1

	01-set	02-set	03-set	04-set	05-set	08-set	09-set	10-set	11-set	12-set	15-set	16-set	17-set	18-set	19-set	22-set	23-set	24-set	25-set	26-set	29-set	30-set
755		420	315	420	315	315	420	315	420	315	315	420	315	420	315	315	420	315	420	315	315	315
co			14		14	14		14		14	14		14		14	14		14		14	14	
903			504		504	576		504		504	576		504		504	576		504		504	576	
co		14		14			14		14			14		14			14		14			14
61A		320		320			320		320			320		320			320		320			256
co		6		6			6		6			6		6			6		6			6
25A		216		216			216		216			216		216			216		216			216
co			10			10		10			10		10			10		10				
294			64			64		64			64		64			64		64				
co				10				10			10		10		10			10		10		
295				64				64			64		64		64			64		64		
co					12					12												
164	120				120					120												
co	14																					
995	192																					
co	12	12	10	10	10	10	12	10	10	10	10	12	10	10	10	10	12	10	10	10	12	

Na primeira coluna estão representados os 3 últimos números de cada *part number*. Ao longo da linha de cada *part number* está feita a distribuição das quantidades pelos dias do mês. Devido às quantidades de unidades por palete de produto acabado, torna-se impossível em alguns casos ter um valor constante ao longo de todo o mês para o tamanho do lote. Assim, para o cálculo da quantidade de *kanbans*, nessas situações foi utilizado o maior tamanho de lote. As linhas com a indicação “co” representam o tempo de *changeover*.

Melhoria de processos produtivos numa empresa de produtos eletrônicos

Tabela 30 - Simulação do nivelamento da produção para o braço 3 da linha 3MM1

	01-set	02-set	03-set	04-set	05-set	08-set	09-set	10-set	11-set	12-set	15-set	16-set	17-set	18-set	19-set	22-set	23-set	24-set	25-set	26-set	29-set	30-set
903			504		504	576		504		504	576		504		504	576		504		504	576	
co																						
61A		320		320			320		320			320		320			320		320			256
co		9		9			9		9			9		9			9		9			9
25A		216		216			216		216			216		216			216		216			216
co					10	10				10	10				10	10				10	10	
179	128				128	128				128	128				128	128				128	128	
co			18					18					18					18				
34A			256					256					256					256				
co		10								10		10										
180		160										160										
co							10										10					
362							160										160					
co	7																					
995	192																					
co									10											10		
363								64												64		
co	9	7	12	9	7	7	7	12	7	7	7	7	12	9	7	7	7	12	7	7	7	

Na primeira coluna estão representados os 3 últimos números de cada *part number*. Ao longo da linha de cada *part number* está feita a distribuição das quantidades pelos dias do mês. Devido às quantidades de unidades por palete de produto acabado, torna-se impossível em alguns casos ter um valor constante ao longo de todo o mês para o tamanho do lote. Assim, para o cálculo da quantidade de *kanbans*, nessas situações foi utilizado o maior tamanho de lote. As linhas com a indicação “co” representam o tempo de *changeover*.

OEE (Overall Equipment Effectiveness)

Os dados sobre o OEE da linha de Montagem Manual 1 foram recolhidos numa página da *intranet* da Bosch que disponibiliza esses valores para todas as linhas de montagem manual e células de montagem final. Para o cálculo da quantidade de *kanbans*, o OEE foi recolhido para 3 meses. Esses valores estão na tabela 31.

Tabela 31 - OEE linha 3MM1

OEE geral 3MM1	
Abril	88,38%
Maio	93,76%
Junho	95,94%
Média	92,69%

Já para o dimensionamento da *FIFO Lane*, o OEE foi recolhido para a linha 3MM1 e para a célula de montagem final 3F27 (a célula 3F27 é a célula que vai retirar da *FIFO Lane*). Esses valores estão representados na tabela 32.

Tabela 32 - OEE linha 3MM1 e célula 3F27

OEE 3MM1		OEE 3F27	
Abril	88%	Abril	88%
Maio	94%	Maio	86%
Junho	96%	Junho	87%
Julho	93%	Julho	82%
Média	92,79%	Média	85,81%

Tempo e quantidade de *changeover* no braço 1 da linha 3MM1 e célula 3F27

Para determinar o tempo de *changeover* na linha 3MM1 e na célula 3F27 foram feitas várias medições, em turnos e dias diferentes, de forma a conseguir obter o maior número de combinações possíveis entre os diferentes *part numbers*. Para calcular a quantidade de *changeovers* bastou fazer a contagem de variantes produzidas por dia e subtrair 1. Uma vez que o braço 1 da linha 3MM1 e a célula 3F27 produzem o mesmo, a quantidade de *changeover* por dia é o mesmo. Os tempos de *changeover* podem ser consultados na tabela 33. Já a quantidade de *changeovers* pode ser consultada na tabela 34.

Melhoria de processos produtivos numa empresa de produtos eletrónicos

Tabela 33 - Tempos de changeover no braço 1 da linha 3MM1 e na célula 3F27

	Montagem Manual Braço 1 - 3MM1	Montagem Final 3F27
Tempo de changeover	979,20s	840,00s
	304,20s	1080,00s
	720,00s	840,00s
	600,00s	540,00s
	240,00s	1260,00s
	720,00s	360,00s
	780,00s	900,00s
	120,00s	
	1500,00s	
	1200,00s	
300,00s		
Média	678,49s 11,31 min	831,43s 13,86 min

Tabela 34 - Quantidade de Changeovers por dia no braço 1 da 3MM1

Dia	Quantidade changeovers	Dia	Quantidade changeovers	Dia	Quantidade changeovers	Dia	Quantidade changeovers
1	1	11	1	21	1	31	2
2	1	12	0	22	1	32	2
3	1	13	0	23	0	33	0
4	1	14	3	24	0	34	0
5	0	15	0	25	0		
6	2	16	1	26	0		
7	1	17	2	27	0		
8	3	18	1	28	3		
9	1	19	1	29	1		
10	1	20	0	30	2		
Média		0,97 changeovers / dia					

ANEXO V – DADOS RECOLHIDOS DURANTE A MEDIÇÃO DOS NÍVEIS DE INVENTÁRIO

As medições dos níveis de inventário foram realizadas ao longo de vários dias, em diferentes alturas do dia. Na tabela 35 são apresentados os dados recolhidos para a medição dos níveis de inventário entre a linha de montagem manual 3MM1 e as células de montagem final por ela abastecidas.

Tabela 35 - Dados recolhidos para a medição dos níveis de inventário

Medição	Célula	Quantidade no inventário	Q. por caixa / container	Total	tempo de produção na final
1	3F19		24	0	0,00 h
	3F20	3 containers	12	36	1,09 h
	3F23	40 caixas	7	280	8,78 h
		12 containers	24	288	9,03 h
2	3F19		24	0	0,00 h
	3F20	1 containers	24	24	0,73 h
	3F23	59 caixas	7	413	12,95 h
		11 containers	24	264	8,28 h
3	3F19		24	0	0,00 h
	3F20	9 containers	12	108	3,27 h
	3F23	47 caixas	7	329	10,32 h
		15 containers	24	360	11,29 h
4	3F19		24	0	0,00 h
	3F20	12 containers	12	144	4,37 h
	3F23	35 caixas	7	245	7,68 h
		6 containers	24	144	4,52 h
5	3F19		24	0	0,00 h
	3F20	7 containers	12	84	2,55 h
	3F23	40 caixas	7	280	8,78 h
		5 containers	24	120	3,76 h
6	3F19		24	0	0,00 h
	3F20	8 containers	12	96	2,91 h
	3f23	36 caixas	7	252	7,90 h
		3 containers	24	72	2,26 h
7	3F19	11 containers	24	264	4,08 h
	3F20	5 containers	12	60	1,82 h
	3f23	32 caixas	7	224	7,03 h
		6 containers	24	144	4,52 h
8	3F19		24	0	0,00 h
	3F20	3 containers	12	36	1,09 h
	3f23	49 caixas	7	343	10,76 h
		3 containers	24	72	2,26 h

Melhoria de processos produtivos numa empresa de produtos eletrónicos

9	3F19		24	0	0,00 h
	3F20	12 containers	12	144	4,37 h
	3f23	33 caixas	7	231	7,25 h
12 containers		24	288	9,03 h	
10	3F19		24	0	0,00 h
	3F20	9 containers	12	108	3,27 h
	3f23	29 caixas	7	203	6,37 h
7 containers		24	168	5,27 h	
11	3F19		24	0	0,00 h
	3F20	3 containers	12	36	1,09 h
	3f23	50 caixas	7	350	10,98 h
12 containers		24	288	9,03 h	
12	3F19	4 containers	24	96	1,49 h
	3F20	5 containers	12	60	1,82 h
	3f23	40 caixas	7	280	8,78 h
12 containers		24	288	9,03 h	
13	3F19	4 containers	24	96	1,49 h
	3F20	7 containers	12	84	2,55 h
	3f23	40 caixas	7	280	8,78 h
17 containers		24	408	12,80 h	
14	3F19	4 containers	24	96	1,49 h
	3F20	8 containers	12	96	2,91 h
	3f23	38 caixas	7	266	8,34 h
19 containers		24	456	14,30 h	
15	3F19	9 containers	24	216	3,34 h
	3F20	5 containers	12	60	1,82 h
	3f23	22 caixas	7	154	4,83 h
10 containers		24	240	7,53 h	
16	3F19	9 containers	24	216	3,34 h
	3F20	5 containers	9	45	1,36 h
	3f23	22 caixas	7	154	4,83 h
10 containers		24	240	7,53 h	

ANEXO VI – INSTRUÇÕES DE TRABALHO PARA O SISTEMA DE PLANEAMENTO E CONTROLO DE PRODUÇÃO IMPLEMENTADO

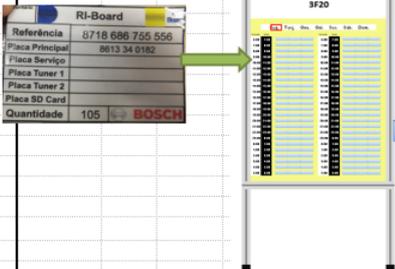
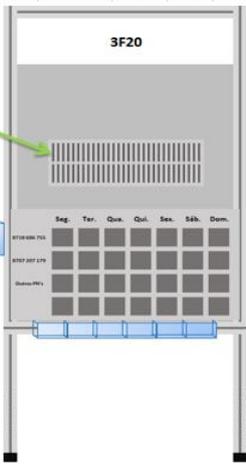
01

Instruções para Fabricação e Controlo



Sequência de Trabalho

Quadro de Nivelamento_Chefe de linha

Mão	Seq	Descrição da Tarefa:	Nº Peça	Rampa	Foto																																																								
	1	<p>O chefe de turno da manhã define a sequência de produção para o dia seguinte e coloca na parte da frente do quadro</p> <p>A logística deve informar o chefe de linha se existe prioridade para um determinado part number</p>																																																											
	2	<p>No início do turno, o chefe de linha do turno da manhã pega nos cartões Master colocado na parte da frente para os dois turnos seguintes, e calcula a quantidade de kanbans - slaves - necessários para cada part number.</p> <p>O chefe de linha do turno da tarde realiza a mesma atividade, apenas para o turno da manhã do dia seguinte</p>			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">MS</td> <td style="width: 55%; text-align: center;">MM1 - Braço 2</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">Trím HIS</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Produto</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">8718 561 903</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Placa</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">8613 300 241</td> </tr> <tr> <td colspan="2">PCB's / Caixa</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">7</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Tempo de produção</td> <td style="text-align: center;">1 pessoa</td> <td style="text-align: center;">2 pessoas 3 pessoas</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Montagem Manual</td> <td style="text-align: center;">7 min</td> <td style="text-align: center;">4 min</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Montagem Final</td> <td style="text-align: center;">39 min</td> <td style="text-align: center;">21 min 13 min</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">MS</td> <td style="width: 55%; text-align: center;">MM1 - Braço</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Produto</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Placa</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">PCB's / Container</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Tempo de produção</td> <td style="text-align: center;">1 pessoa</td> <td style="text-align: center;">2 pessoas 3 pessoas</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Montagem Manual</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Montagem Final</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	2	MS	MM1 - Braço 2	Trím HIS	Produto		8718 561 903		Placa		8613 300 241		PCB's / Caixa		7		Tempo de produção		1 pessoa	2 pessoas 3 pessoas	Montagem Manual		7 min	4 min	Montagem Final		39 min	21 min 13 min	3	MS	MM1 - Braço		Produto				Placa				PCB's / Container				Tempo de produção		1 pessoa	2 pessoas 3 pessoas	Montagem Manual				Montagem Final			
2	MS	MM1 - Braço 2	Trím HIS																																																										
Produto		8718 561 903																																																											
Placa		8613 300 241																																																											
PCB's / Caixa		7																																																											
Tempo de produção		1 pessoa	2 pessoas 3 pessoas																																																										
Montagem Manual		7 min	4 min																																																										
Montagem Final		39 min	21 min 13 min																																																										
3	MS	MM1 - Braço																																																											
Produto																																																													
Placa																																																													
PCB's / Container																																																													
Tempo de produção		1 pessoa	2 pessoas 3 pessoas																																																										
Montagem Manual																																																													
Montagem Final																																																													
	3	<p>Quando a quantidade de kanbans não resulta num número inteiro, preencher um kanban manualmente</p> <p>NOTA: Para o Trim Mid, é necessário calcular a quantidade de kanbans para a placa CBS e para a placa HIS</p>																																																											
	4	<p>Os cartões Master são depois colocados no sequenciador da montagem final, na hora prevista para iniciar a produção</p>																																																											

Elementos Organizativos:

Nº da IFC:	Pull_MMM_0001	Edição:	01	Data:	01.10.14	Autor	CM-MS TEF Ricardo Silva	Verificação	CM-MS TEF	Motivo da Alteração:	
Família/ Produto/ Fase PSQP:	Todos os Trim Mid										
Nº do Peça/Nº Fase PSQP:											
Localização:	3F23	Lug.	1/1	Pag.	1/2						
Endereço:	D:\Ricardo\MEI2 anoldissertação\Pull_MMM\Alternativa\IFC_3F23.xls\JPull_MMM_001										

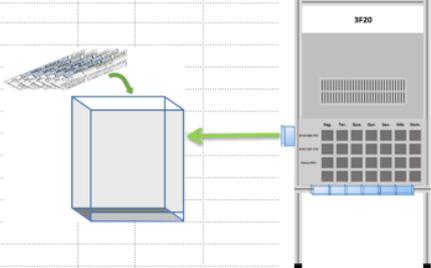
Figura 66 - Instrução de trabalho 1.1

Instruções para Fabricação e Controlo


BOSCH
01

Sequência de Trabalho

Quadro de Nivelamento - Construção de lotes_Chefe de linha

Mão	Seq	Descrição da Tarefa:	Nº Peça	Rampa	Foto
	5	<p>Por sua vez, os kanbans - slaves - são colocados na caixa lateral, pela parte de cima. Ao fazer esta colocação, verificar o tamanho dos lotes para os produtos A's. Para os restantes produtos não é necessário verificar o tamanho do lote</p> <p style="color: red; text-align: center;">Tamanho dos lotes</p> <p style="color: blue;">8718 561 903 - 192 unidades 27,43 kanbans HIS aprox. 28 kanbans</p> <p>8 kanbans CBS</p> <p style="color: blue;">8737 903 61A - 128 unidades 18,29 kanbans HIS aprox. 19 kanbans</p> <p>5,33 kanbans CBS aprox. 6 kanbans</p>			
	6	<p>Ao fazer a verificar do tamanho dos lotes dos A's, caso haja lotes incompletos deve ser adicionado um cartão de "Mudança de lote", para sinalizar o lote incompleto</p>			<div style="border: 2px solid black; background-color: red; width: 150px; height: 60px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; background-color: white; padding: 2px 5px; font-weight: bold; margin-right: 5px;">6</div> <div style="color: white; font-weight: bold; text-align: center;">Mudança de lote</div> </div>

Elementos Organizativos:

Nº da IFC:	Pul_MMM1_0001	Edição: 01	Data: 01.10.14	Autor	Verificação	Motivo da Alteração:
Familial/ Produto/ Fase PSQP:	Trim Mid		CM-MS TEF Ricardo Silva		CM-MS TEF	
Nº do Peça/Nº Fase PSQP:	Todos os Trim Mid					
Localização:	3F23	Lug.	11	Pag.	212	
Endereço:	D:\Ricardo\MEI\2 ano\dissertação\o\Pul_MMM1\Alternativa(IFC_3F23.xlsx)\Pul_MMM1_001					

Figura 67 - Instrução de trabalho 1.2

Instruções para Fabricação e Controlo



Sequência de Trabalho					
Quadro de Nivelamento - Cartões kanban					
Mão	Seq	Descrição da Tarefa:	Nº Peça	Rampa	Foto
	1	Após fazer a troca dos containers / caixas, desloca-se ao sequenciador da montagem final, retira os kanbans correspondentes aos containers/caixas que trouxe e arruma na respetiva caixa			
	1.1	Se trouxe containers com a placa CBS, retirar a mesma quantidade de cartões CBS			
	1.2	Se trouxe caixas com a placa HIS, retirar a mesma quantidade de cartões HIS			
	2	Deslocar-se à caixa lateral, retira por baixo a mesma quantidade de kanbans e transportar para o quadro de construção de lote			
	2.1	Se trouxe containers com a placa CBS, desloca-se à caixa de kanbans CBS			
	2.2	Se trouxe caixas com a placa HIS, desloca-se à caixa de kanbans HIS			
	3	Se algum dos cartões retirados for um cartão vermelho de "mudança de lote", esse cartão é arrumado numa caixa e retira-se outro cartão da caixa sequenciadora			
	4	Transporta os cartões para o quadro de construção de lote			

Elementos Organizativos:					
Nº da IFC:	Pull_MM1_0002	Edição: 01	Data: 26.03.14	Autor	Verificação
Família/ Produto/ Fase PSQP:	Trim Mid	Todos os Trim Mid		CM-MS TEF Ricardo Silva	CM-MS TEF
Nº do Peça/Nº Fase PSQP:					
Localização:	3F23	Lug.	1/1	Pag.	1/1
Endereço:	D:\Ricardo\ME\2 ano\dissertação\figuras.xlsx\Plan1				
					Motivo da Alteração:

Figura 68 - Instrução de trabalho 2

03 Instruções para Fabricação e Controlo



Sequência de Trabalho					
Sequenciador Montagem Final_Chefe de linha					
Mão	Seq	Descrição da Tarefa:	Nº Peça	Rampa	Foto
	1	Quando traz kanbans do sequenciador da montagem manual colocado no quadro de construção de lote, coloca-os no sequenciador da montagem final, a seguir ao cartão Master correspondente			

Elementos Organizativos:					
Nº da IFC:	Pul_MM1_0003	Edição: 01	Data: 01.10.14	Autor	Verificação
Familial Produto/ Fase PSQP:	Trim Mid			CM-MS TEF Ricardo Silve	CM-MS TEF
Nº do Peça/Nº Fase PSQP:	Todos os Trim Mid				
Localização:	3F23			Lug. 1/1	Pag. 1/1
Endereço:	D:\Ricardo\MEK2 anoldissertação\ol(figuras.xlsx)\Plan1				
					Motivo da Alteração:

Figura 69 - Instrução de trabalho 3

Instruções para Fabricação e Controlo



Sequência de Trabalho

Quadro de Nivelamento_Chefe de linha

Mão	Seq	Descrição da Tarefa:	Nº Peça	Rampa	Foto
	1	<p>O chefe de turno da manhã define a sequência de produção para o dia seguinte e coloca na parte da frente do quadro</p> <p>A logística deve informar o chefe de linha se existe prioridade para um determinado part number</p>			
	2	<p>No início do turno, o chefe de linha do turno da manhã pega nos cartões Master colocado na parte da frente para o turno seguinte, e calcula a quantidade de kanbans - slaves - necessários para cada part number.</p> <p>O chefe de linha do turno da tarde realiza a mesma atividade, para o turno da manhã do dia seguinte.</p>			<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 2 MS MM1 - Braço 2 Riboard Produto: 8718 686 755 Placa: 8613 300 182 PCB's / Container: 12 Tempo de produção: 1 pessoa (21 min), 2 pessoas (11 min), 3 pessoas (16 min) Montagem Manual: 21 min, 11 min, 16 min Montagem Final: 21 min, 16 min </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 3 MS MM1 - Braço Produto: Placa: PCB's / Container: Tempo de produção: 1 pessoa (21 min), 2 pessoas (11 min), 3 pessoas (16 min) Montagem Manual: Montagem Final: </div>
	3	Quando a quantidade de kanbans não resulta num número inteiro, preencher um kanban manualmente			
	4	Os cartões Master são depois colocados no sequenciador da montagem final, na hora prevista para iniciar a produção			

Elementos Organizativos:

Nº da IFC:	Pul_LMM1_0004	Edição: 01	Data: 01.10.14	Autor	Verificação	Motivo da Alteração:
Familial/Produto/Fase PSQP:	Riboard / KME / CAE			CM-MS TEF Ricardo Silva	CM-MS TEF	
Nº do Peça/Nº Fase PSQP:	Todos os Riboard / KME / CAE					
Localização:	3F20			Lug. 1/1	Pag. 1/2	
Endereço: D:\Ricardo\MEI\2 anot\dissertação\figuras.xlsx\Plan1						

Figura 70 - Instrução de trabalho 4.1

04 Instruções para Fabricação e Controlo



Sequência de Trabalho																																																	
Quadro de Nivelamento - Construção de lotes_Chefe de linha																																																	
Mão	Seq	Descrição da Tarefa:	Nº Peça	Rampa	Foto																																												
	5	<p>Por sua vez, os kanbans - slaves - são colocados na caixa lateral, pela parte de cima. Ao fazer esta colocação, verificar o tamanho dos lotes para os produtos A's. Para os restantes produtos não é necessário verificar o tamanho do lote</p> <p style="text-align: center;">Tamanho dos lotes</p> <p style="text-align: center;">8718 686 755 - 210 unidades 17,5 kanbans aprox. 18 kanbans</p> <p style="text-align: center;">8707 207 179 - 160 unidades 6,67 kanbans aprox. 7 kanbans</p>																																															
	6	<p>Ao fazer a verificar do tamanho dos lotes dos A's, caso haja lotes incompletos deve ser adicionado um cartão de "Mudança de lote", para sinalizar o lote incompleto</p>																																															
<p>Elementos Organizativos:</p> <table border="1"> <tr> <td>Nº da IFC:</td> <td>Pul_LMM_L0004</td> <td>Edição:</td> <td>01</td> <td>Data:</td> <td>01.10.14</td> <td>Autor</td> <td>Verificação</td> <td rowspan="2">Motivo da Alteração:</td> </tr> <tr> <td>Familial/ Produto/ Fase PSQP:</td> <td>Riboard / KME / CAE</td> <td colspan="2"></td> <td>CM-MS TEF Ricardo Silve</td> <td>CM-MS TEF</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Nº do Peça/Nº Fase PSQP:</td> <td colspan="7" style="text-align: center;">Todos os Riboard / KME / CAE</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Localização:</td> <td>3F20</td> <td>Lug.</td> <td>1/1</td> <td>Pag.</td> <td>2/2</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Endereço:</td> <td colspan="8">D:\Ricardo\MEK2 anotdissertação\figuras.xlsx\Plan1</td> </tr> </table>						Nº da IFC:	Pul_LMM_L0004	Edição:	01	Data:	01.10.14	Autor	Verificação	Motivo da Alteração:	Familial/ Produto/ Fase PSQP:	Riboard / KME / CAE			CM-MS TEF Ricardo Silve	CM-MS TEF			Nº do Peça/Nº Fase PSQP:	Todos os Riboard / KME / CAE								Localização:	3F20	Lug.	1/1	Pag.	2/2				Endereço:	D:\Ricardo\MEK2 anotdissertação\figuras.xlsx\Plan1							
Nº da IFC:	Pul_LMM_L0004	Edição:	01	Data:	01.10.14	Autor	Verificação	Motivo da Alteração:																																									
Familial/ Produto/ Fase PSQP:	Riboard / KME / CAE			CM-MS TEF Ricardo Silve	CM-MS TEF																																												
Nº do Peça/Nº Fase PSQP:	Todos os Riboard / KME / CAE																																																
Localização:	3F20	Lug.	1/1	Pag.	2/2																																												
Endereço:	D:\Ricardo\MEK2 anotdissertação\figuras.xlsx\Plan1																																																

Figura 71 - Instrução de trabalho 4.2

05

Instruções para Fabricação e Controlo



Sequência de Trabalho

Quadro de Nivelamento - Cartões kanban

Mão	Seq	Descrição da Tarefa:	Nº Peça	Rampa	Foto
	1	Após fazer a troca dos containers / caixas, desloca-se ao sequenciador da montagem final, retira os kanbans correspondentes aos containers/caixas que trouxe e arruma na respetiva caixa			
	2	Deslocar-se à caixa lateral, retira por baixo a mesma quantidade de kanbans e transportar para o quadro de construção de lote			
	3	Se algum dos cartões retirados for um cartão vermelho de "mudança de lote", esse cartão é arrumado numa caixa e retira-se outro cartão da caixa sequenciadora			
	4	Transporta os cartões para o quadro de construção de lote			

Elementos Organizativos:					
Nº da IFC:	Pul_MM1_0005	Edição:	01	Data:	26.03.14
Familial/Produto/Fase PSQP:	Riboard / KME / CAE	Autor:	CM-MS TEF Ricardo Silva	Verificação:	CM-MS TEF
Nº do Peça/Nº Fase PSQP:	Todos os Riboard / KME / CAE				
Localização:	3F20	Lug.	1/1	Pag.	1/1
Endereço:	D:\Ricardo\MEK2\anot\dissertaçõ\figuras.xlsx\Plan1				
					Motivo da Alteração:

Figura 72 - Instrução de trabalho 5

Instruções para Fabricação e Controlo



Sequência de Trabalho

Sequenciador Montagem Final_ Chefe de linha

Mão	Seq	Descrição da Tarefa:	Nº Peça	Rampa	Foto
	1	Quando traz kanbans do sequenciador da montagem manual colocado no quadro de construção de lote, coloca-os no sequenciador da montagem final, a seguir ao cartão Master correspondente			

Elementos Organizativos:					
Nº da IFC:	Pul_MM1_0006	Edição: 01	Data: 01.10.14	Autor	Verificação
Familial/Produto/Fase PSQP:	Riboard / KME / CAE			CM-MS TEF Ricardo Silva	CM-MS TEF
Nº do Peça/Nº Fase PSQP:	Todos os Riboard / KME / CAE				
Localização:	3F20			Lug. 1/1	Pag. 1/1
Endereço:	D:\Ricardo\MEI2 anov\dissertação\figuras\lss\Plan1				
Motivo da Alteração:					

Figura 73 - Instrução de trabalho 6

07

Instruções para Fabricação e Controlo



Sequência de Trabalho

Quadro de Nivelamento - Construção de lotes_Chefe de linha
7746 000 34A

Mão	Seq	Descrição da Tarefa:	Nº Peça	Rampa	Foto																					
	1	Preencher o quadro de nivelamento com o plano			<p>RI-Board Referência: 6718 686 755 556 Placa Principal: 8613 34 0182 Placa Serviço Placa Tuner 1 Placa Tuner 2 Placa SD Card Quantidade: 105 BOSCH</p>																					
	2	Calcular a quantidade de kanbans do lote.			<table border="1"> <tr> <td>MS</td> <td>MM1 - Braço 3</td> <td>Nefit</td> </tr> <tr> <td>Produto</td> <td colspan="2">7746 000 34A</td> </tr> <tr> <td>Placa</td> <td colspan="2">8613 300 162</td> </tr> <tr> <td>PCB's / Container</td> <td colspan="2">24</td> </tr> <tr> <td>Tempo de produção</td> <td>1 pessoa</td> <td>2 pessoas 3 pessoas</td> </tr> <tr> <td>Montagem Manual</td> <td>56 min</td> <td>28 min</td> </tr> <tr> <td>Montagem Final</td> <td>22 min</td> <td></td> </tr> </table>	MS	MM1 - Braço 3	Nefit	Produto	7746 000 34A		Placa	8613 300 162		PCB's / Container	24		Tempo de produção	1 pessoa	2 pessoas 3 pessoas	Montagem Manual	56 min	28 min	Montagem Final	22 min	
MS	MM1 - Braço 3	Nefit																								
Produto	7746 000 34A																									
Placa	8613 300 162																									
PCB's / Container	24																									
Tempo de produção	1 pessoa	2 pessoas 3 pessoas																								
Montagem Manual	56 min	28 min																								
Montagem Final	22 min																									
	3	Quando a quantidade de kanbans não resulta num número inteiro, preencher um kanban manualmente Tamanho do lote 7746 000 34A - 256 unidades 10,67 kanbans			<table border="1"> <tr> <td>MS</td> <td>MM1 - Braço</td> </tr> <tr> <td>Produto</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Placa</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PCB's / Container</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tempo de produção</td> <td>1 pessoa 2 pessoas 3 pessoas</td> </tr> <tr> <td>Montagem Manual</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Montagem Final</td> <td></td> </tr> </table>	MS	MM1 - Braço	Produto		Placa		PCB's / Container		Tempo de produção	1 pessoa 2 pessoas 3 pessoas	Montagem Manual		Montagem Final								
MS	MM1 - Braço																									
Produto																										
Placa																										
PCB's / Container																										
Tempo de produção	1 pessoa 2 pessoas 3 pessoas																									
Montagem Manual																										
Montagem Final																										
	4	Dividir os kanbans em 2 lotes: um de 6 kanbans e um de 5 kanbans			<p>Lote 1</p>																					
	5	O primeiro lote é transportado diretamente para a construção de lote. O segundo lote é colocado junto do cartão Master, com a parte branca virada para a frente			<p>Lote 2</p>																					

Elementos Organizativos:

Nº da IFC:	Pull_MM1_0007	Edição:	01	Data:	01.10.14	Autor	Verificação	Motivo da Alteração:
Família/ Produto/ Fase PSQP:	Nefit					CM-MS TEF Ricardo Silva	CM-MS TEF	
Nº do Peça/Nº Fase PSQP:	7746 000 34A							
Localização:	3F19	Lug.	1/1	Pag.	1/2			
Endereço:	D:\Ricardo\MEK2\anotdissertaçãot\figuras.xlsx\pull alternativa							

Figura 74 - Instrução de trabalho 7.1

07 Instruções para Fabricação e Controlo



Sequência de Trabalho					
Quadro de Nivelamento - Construção de lotes_Chefe de linha					
7746 000 34A					
Mão	Seq	Descrição da Tarefa:	Nº Peça	Rampa	Foto
	6	Após iniciar a produção do primeiro lote pegar no segundo lote e colocar na construção de lote			
	7	Quando os kanbans produzidos são novamente transportados para a construção de lote, são colocados junto do cartão Master, com a parte escrita virada para a frente			

Elementos Organizativos:					
Nº da IFC:	Pul_MMM1_0007	Edição: 01	Data: 01.10.14	Autor	Verificação
Familia/ Produto/ Fase PSQP:	Nefit			CM-MS TEF Ricardo Silva	CM-MS TEF
Nº do Peça/Nº Fase PSQP:	7746 000 34A				
Localização:	3F19			Lug.	1/1 Pag. 2/2
Endereço:	D:\Ricardo\MEH2 anot\dissertação\figuras.xlsx\pull alternativa				
					Motivo da Alteração:

Figura 75 - Instrução de trabalho 7.2

Instruções para Fabricação e Controlo



Sequência de Trabalho					
Quadro de Construção de Lote					
Mão	Seq	Descrição da Tarefa:	Nº Peça	Rampa	Foto
	1	Colocar os cartões na coluna da respetiva família Colocar 1 cartões por ranhura Nota: a quantidade de cartões não pode ultrapassar o limite máximo			
	2	Quando o lote estiver completo, colocar no sequenciador, na hora prevista para iniciar a produção, um cartão de produção, com a parte escrita virada para cima			
	3	De seguida, coloca os kanbans do respetivo lote, com a parte escrita virada para baixo			
	4	Se os cartões que traz da manual representam um lote incompleto, colocar esse lote no sequenciador Nota: Na página 3 é relembrado o procedimento para lotes incompletos			
	5	Se houver um lote de Nefit na construção de lote, assim que se colocar um lote de Trim CBS no sequenciador, colocar de seguida o lote de Nefit Este lote pode ser de 6 cartões ou de 5 cartões			

Elementos Organizativos:					
Nº da IFC:	Pull_MM1_0010	Edição:	01	Data:	01.10.14
Família/Produto/Fase PSQP:	Trim Mid / Riboard / KME / CAE / Nefit	Autor:	CM-MS TEF Ricardo Silvé	Verificação:	CM-MS TEF
Nº do Peça/Nº Fase PSQP:	Trim Mid / Riboard / KME / CAE / Nefit				
Localização:	3MM1 - Quadro de construção de lote	Lug.	1/1	Pag.	1/3
Endereço:	D:\Ricardo\MEI\2 anó\dissertação\01Pull MM1\Alternativa\IFC_Quadro construção de lote.xlsx\Pull_MM1_010				
Motivo da Alteração:					

Figura 77 - Instrução de trabalho 10.1

10 Instruções para Fabricação e Controlo



Sequência de Trabalho					
Quadro de Construção de Lote					
Mão	Seq	Descrição da Tarefa:	Nº Peça	Rampa	Foto
	6	Sempre que um container é produzido e transportado para o supermercado, deslocar-se ao sequenciador colocado no quadro de construção de lote e virar o respetivo kanban ao contrário, com a parte escrita virada para cima			

Elementos Organizativos:					
Nº da IFC:	Pull_MM1_0010	Edição: 01	Data: 01.10.14	Autor	Verificação
Familial/ Produto/ Fase PSQP:	Trim Mid / Riboard / KME / CAE / Nefit			CM-MS TEF Ricardo Silve	CM-MS TEF
Nº do Peça/Nº Fase PSQP:	Trim Mid / Riboard / KME / CAE / Nefit				
Localização:	3MM1 - Quadro de construção de lote			Lug.	11
				Pag.	2/3
Endereço: D:\Ricardo\MEI\2 anoldissertação\Pull MM1\Alternativa\IFC_Quadro construção de lote.xlsx\Pull_MM1_010					

Figura 78 - Instrução de trabalho 10.2

Instruções para Fabricação e Controlo



Sequência de Trabalho

Quadro de Construção de Lote

Mão	Seq	Descrição da Tarefa:	Nº Peça	Rampa	Foto
		<p>Procedimento para lotes incompletos</p>			
1		<p>Ao retirar os kanbans da caixa, se o cartão a seguir ao último kanban retirado for um cartão vermelho, este é arrumado na caixa de cartões utilizados e o colaborador retira mais um kanban</p>			
2		<p>O kanban é transportado para a construção de lote</p>			
3		<p>Ao trazer os kanbans para a construção de lote, o colaborador coloca o lote incompleto no sequenciador, uma vez que não existem mais cartões desse part number.</p>			

Construção de lote

Trim CBS	CAE	Nefit	Sequenciador Braço 3
8718 561 903	8707 207 178	7746 000 3AA	
Máx: 8	Outros PM's	Máx: 11	
8717 903 61A		Máx: 6	
Máx: 6			

Elementos Organizativos:

Nº da IFC:	Pull_MM1_0010	Edição: 01	Data: 01.10.14	Autor	Verificação	Motivo da Alteração:	
Familial/Produto/Fase PSQP:	Trim Mid / Riboard / KME / CAE / Nefit			CM-MS TEF Ricardo Silve	CM-MS TEF		
Nº do Peça/Nº Fase PSQP:	Trim Mid / Riboard / KME / CAE / Nefit						
Localização:	3MM1 - Quadro de construção de lote			Lug.	1/1	Pag.	3/3
Endereço: D:\Ricardo\MEK2\anot\dissertação\pull MM1\Alternativa\IFC_Quadro construção de lote.xlsx\Pull_MM1_010							

Figura 79 - Instrução de trabalho 10.3

11 Instruções para Fabricação e Controlo



Sequência de Trabalho					
Produção dos lotes_Chefe de linha					
Mão	Seq	Descrição da Tarefa:	Nº Peça	Rampa	Foto
	1	O chefe de linha verifica no sequenciador do quadro de construção de lote se existe algum cartão de produção			
	2	Se existir um cartão de produção, retira esse cartão e verifica o tamanho do lote que ele representa. No campo "Quantidade", coloca a quantidade de placas a produzir			
	3	Os cartões de produção são depois colocados no respetivo sequenciador, localizados no início de cada um dos braços da montagem manual			
	4	Quando verifica o sequenciador colocado no quadro de construção de lote, se tiver kanbans com a parte escrita virada para cima, retira e transporta para a respetiva célula de montagem final, para o quadro de nivelamento			

Elementos Organizativos:					
Nº da IFC:	Pull_MM1_0011	Edição: 01	Data: 01.10.14	Autor	Verificação
Família/Produto/Fase PSQP:	Trim Mid / Riboard / KME / CAE / Nefit			CM-MS TEF Ricardo Silvé	CM-MS TEF
Nº do Peça/Nº Fase PSQP:	Trim Mid / Riboard / KME / CAE / Nefit				
Localização:	3MM1 - Quadro de construção de lote	Lug.	1/1	Pag.	1/1
Endereço:	D:\Ricardo\MEI\2 ano\dissertação\oi\Pull MM1\Alternativa\IFC_Quadro construção de lote.xlsx\Pull_MM1_010				
Motivo da Alteração:					

Figura 80 - Instrução de trabalho 11

Instruções para Fabricação e Controlo



Sequência de Trabalho													
Sequenciador da Montagem Manual_Milk Run													
Mão	Seq	Descrição da Tarefa:	Nº Peça	Rampa	Foto								
	1	Ao fazer o abastecimento de cada um dos 3 braços da linha de montagem manual 3MM1, verificar no sequenciador colocado no início de cada linha, os cartões de produção virados com a parte branca para a frente											
	2	No cartão, verificar o número da placa e a quantidade necessária			<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Cartão de produção</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">MM1 - Braço 2</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Riboard</td> </tr> <tr> <td>Produto</td> <td style="text-align: center;">8718 686 755</td> </tr> <tr> <td>Placa</td> <td style="text-align: center;">0013 34 0102</td> </tr> <tr> <td>Quantidade</td> <td></td> </tr> </table> </div>	MM1 - Braço 2	Riboard	Produto	8718 686 755	Placa	0013 34 0102	Quantidade	
MM1 - Braço 2	Riboard												
Produto	8718 686 755												
Placa	0013 34 0102												
Quantidade													

Elementos Organizativos:					
Nº da IFC:	Pull_MMM1_0012	Edição:	01	Data:	01.10.14
Família/ Produto/ Fase PSQP:	Trim Mid / Riboard / KME / CAE / Nefit / Skin Mid	Autor:	CM-MS TEF Ricardo Silve	Verificação:	CM-MS TEF
Nº do Peça/Nº Fase PSQP:	Trim Mid / Riboard / KME / CAE / Nefit / Skin Mid				
Localização:	3MM1 - Quadro de construção de lote			Lug.	1/1
Endereço:	D:\Ricardo\MEI2 anot\dissertação\otPull\MM1\Alternativa\IFC_Milk run.xlsx\Pull_MMM1_012				
					Motivo da Alteração:

Figura 81 - Instrução de trabalho 12

ANEXO VII – SIMBOLOGIA UTILIZADA NOS DIAGRAMAS DE FLUXO

Na tabela 36 estão representados os símbolos utilizados na construção dos diagramas de mapeamento e design de fluxo de valor.

Tabela 36 - Simbologia utilizada para a construção de diagramas de fluxo

Símbolo	Significado
	Processo, operação máquina ou departamento através do qual há fluxo de material ou informação.
	Fluxo de informação manual.
	Fluxo de informação eletrónico.
	Seta "push" – representa o fluxo "empurrado" de materiais de um processo para o seguinte.
	Seta "pull" – representa o fluxo "puxado" de materiais entre processos.
	FIFO Lane.
	Recolha de informação visual.
	Inventário.
	Nivelamento da produção.
	Kanban de consumo.
	Kanban de produção.

	Supermercado.
	Quadro de construção de lote.
	Sequenciador de produção.
	Sequenciador de produção.
	Seta de expedição.