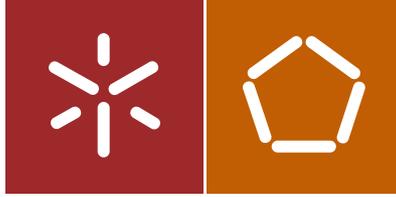




Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Rémi Gonçalves Ferreira

Melhoria do desempenho de uma
secção de montagem final de uma empresa
usando ferramentas Lean Production



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Rémi Gonçalves Ferreira

Melhoria do desempenho de uma
secção de montagem final de uma empresa
usando ferramentas Lean Production

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efectuado sob a orientação da
Professora Doutora Anabela Carvalho Alves

DECLARAÇÃO

Nome: Rémi Gonçalves Ferreira

Endereço eletrónico: a58969@alunos.uminho.pt

Telefone: +351 918593543

Número do Bilhete de Identidade: 13558142

Título da dissertação: Melhoria do desempenho de uma secção de montagem final de uma empresa usando ferramentas Lean Production

Orientador (es): Professora Anabela Carvalho Alves

Ano de conclusão: 2015

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Nos exemplares das teses de doutoramento ou de mestrado ou de outros trabalhos entregues para prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino, e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e, pelo menos outro para a biblioteca da universidade respetiva, deve constar uma das seguintes declarações:

1. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;
2. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DISSERTAÇÃO (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.), APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;
3. DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste projeto contou o contributo de inúmeras pessoas, é assim imprescindível agradecer a todas elas.

Começar por agradecer ao Engenheiro Jorge Duarte, que me orientou na empresa, por toda a sua disponibilidade e acima de tudo pelos conhecimentos transmitidos.

Gostaria também de agradecer à Professora Anabela Alves pela compreensão e exigência demonstrada ao longo deste projeto.

Um agradecimento especial ao Engenheiro André Seara por toda a confiança depositada e pela experiência transmitida.

Agradecer também a toda a equipa dos plásticos e do departamento de engenharia industrial pelo seu apoio e disponibilidade e acima de tudo pelo ambiente amigável e integrador proporcionado ao longo desta temporada.

Por fim, o agradecimento obrigatório à minha família, pela compreensão e pelos sacrifícios.

RESUMO

A presente dissertação apresenta o projeto desenvolvido na Delphi Automotive Systems-Portugal S.A. que teve o objetivo de melhorar o desempenho de uma secção de montagem final através da aplicação de ferramentas Lean.

Numa primeira fase, elaborou-se uma revisão bibliográfica que abordou conceitos e princípios associados às práticas Lean, com ênfase em ferramentas que foram utilizadas ao longo do projeto. Em seguida apresentou-se a unidade fabril onde se desenvolveu o projeto, dando enfoque à área de plásticos. As abordagens práticas deste projeto tiveram início com a análise do sistema produtivo da área de montagem final do departamento de plástico. Esta análise permitiu quantificar as perdas relativas ao auto abastecimento, transportes de materiais e *change-overs*.

Após a análise do sistema propuseram-se e implementaram-se melhorias, de forma a reduzir o impacto das perdas calculadas. A solução final apresentada passou pela implementação de uma rota de abastecimento adaptada às necessidades e restrições inerentes ao sistema produtivo. Também se realizaram melhorias que permitiram reduções nos tempos de *change-over* através da aplicação da metodologia SMED e uma ferramenta para gestão do material no supermercado.

Com a quantificação dos resultados obtidos verificou-se uma redução de 100% dos tempos de abastecimento e transporte, e de 91.4 % em *change-over*, resultando numa redução de 94.2% dos custos associados a desperdícios, para além de um ganho de eficiência na montagem final.

PALAVRAS-CHAVE

Ferramentas Lean; Rota de abastecimento; *Change-overs*; SMED; Desperdícios.

ABSTRACT

This thesis presents the work developed at Delphi Automotive Systems-Portugal S.A. aimed at improving the performance of a final assembly line by implementing Lean manufacturing tools.

Initially, a literature review was developed to address concepts and principles related to Lean practices with emphasis on tools that have been used throughout the project. Then the plant where the project was developed is presented, focusing the Plastic area. The practical approaches began with the final assembly production system analysis. This same analysis allowed to quantify the losses related to self-supply, material transportation and *change-overs*.

After the system analysis, improvements were proposed and then implemented to reduce the losses calculated. The final solution presented regards the implementation of a supply route adjusted to the requirements and restriction inherent to the production system. The use of SMED also allowed to reduce the *change-over* times. A supermarket stock management tool was also created.

The results quantification has shown a reduction of 100% regarding self-supply and transportation tasks. A reduction of 91.4% of change-over time was also achieved. That totalizes a 94.3% reduction of waste related costs. Furthermore, an efficiency improvement was achieved at the final assembly line.

KEYWORDS

Lean tools; Supply route; *Change-over*; SMED; Wastes.

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| Agradecimentos..... | iii |
| Resumo..... | v |
| Abstract | vii |
| Índice..... | ix |
| Índice de Figuras | xiii |
| Índice de Tabelas..... | xv |
| Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos | XVI |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 Enquadramento | 1 |
| 1.2 Objetivos..... | 2 |
| 1.3 Metodologia..... | 2 |
| 1.4 Estrutura da dissertação | 3 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 4 |
| 2.1 Toyota Production System..... | 4 |
| 2.2 Lean Production..... | 7 |
| 2.2.1 Princípios Lean Thinking | 7 |
| 2.2.2 Os sete desperdícios | 9 |
| 2.3 Ferramentas Lean | 12 |
| 2.3.1 <i>Kanban</i> | 12 |
| 2.3.3 Técnica 5S | 13 |
| 2.3.4 <i>Standard Work</i> | 13 |
| 2.3.5 Gestão Visual | 14 |
| 3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA..... | 15 |
| 3.1 Identificação e localização..... | 15 |
| 3.1.1 Instalações | 15 |
| 3.1.2 Produtos e Clientes..... | 16 |
| 3.1.3 Política de Qualidade | 16 |
| 3.2 Departamento de plásticos..... | 17 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.2.1 | Secções de Produção | 17 |
| 3.2.2 | Fluxos de Material e Informação | 18 |
| 3.2.3 | Planeamento e Programação da Produção | 19 |
| 4. | DESCRIÇÃO DO SISTEMA PRODUTIVO | 21 |
| 4.1 | Área de injeção | 21 |
| 4.2 | Área de pintura | 22 |
| 4.2.1 | Kitting..... | 22 |
| 4.2.2 | Pintura | 23 |
| 4.2.3 | Inspeção..... | 23 |
| 4.3 | Área de Montagem Final | 24 |
| 4.3.1 | Tarefas do operador PC&L | 25 |
| 4.3.2 | Supermercados | 27 |
| 4.3.3 | Linhas de Montagem..... | 28 |
| 4.3.4 | Postos Stand-Alone | 29 |
| 4.3.5 | Greasing | 30 |
| 4.3.6 | Máquinas de Cravação e Gravação | 31 |
| 4.3.7 | Inspeção Final | 33 |
| 5. | ANÁLISE CRÍTICA | 35 |
| 5.1 | Falhas no supermercado de peças pintadas | 35 |
| 5.2 | Problemas nas Linha de Montagem Final | 38 |
| 5.2.1 | Não cumprimento do standard de abastecimento e perdas para auto abastecimento..... | 38 |
| 5.2.2 | Elevados tempos de transporte das linhas para as máquinas de cravação | 40 |
| 5.3 | Problemas nas máquinas de Cravação e Gravação..... | 42 |
| 5.3.1 | Elevado tempo de transporte para as rampas de inspeção visual | 42 |
| 5.3.2 | Elevados tempos de Change Over..... | 43 |
| 6. | APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIAS | 46 |
| 6.1 | Ferramenta de gestão de material no supermercado..... | 46 |
| 6.2 | Rota de abastecimento das Linhas de Montagem Final | 48 |
| 6.2.1 | Passo 1 - Definição do sistema..... | 49 |

| | | |
|-------|---|----|
| 6.2.2 | Passo 2 – Definição dos mecanismos para consumo dos materiais | 49 |
| 6.2.3 | Passo 3 – Definição de tarefas para o colaborador responsável pela rota..... | 50 |
| 6.2.4 | Passo 4 – Estabelecimento do número de kanbans | 50 |
| 6.2.5 | Passo 5 – Acompanhamento e melhoria | 50 |
| 6.2.6 | Tarefas dos operadores das linhas | 60 |
| 6.3 | Implementação de SMED nas máquinas de cravação e gravação..... | 60 |
| 7. | ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS | 64 |
| 7.1 | Melhorias nas linhas de montagem final | 64 |
| 7.1.1 | Redução do tempo de abastecimento | 64 |
| 7.1.2 | Redução do tempo de transporte das LMF e os postos de cravação | 64 |
| 7.1.3 | Redução do tempo de <i>Change-over</i> das LMF..... | 65 |
| 7.2 | Melhorias nas máquinas de cravação e gravação | 66 |
| 7.2.1 | Redução do tempo de transporte para a inspeção | 66 |
| 7.2.2 | <i>Redução do tempo de Change-over nas máquinas de cravação e gravação</i> | 66 |
| 7.3 | Resumo dos resultados obtidos..... | 67 |
| 8. | CONCLUSÃO | 69 |
| 8.1 | Conclusões..... | 69 |
| 8.2 | Trabalho futuro | 70 |
| | Referências Bibliográficas | 71 |
| | Anexos..... | 74 |
| | Anexo I – Tempos de ciclo por processo e volumes diários de produção | 75 |
| | Anexo II – Tempo total por C/O nas LMF..... | 76 |
| | Anexo III – Tarefas a realizar durante o C/O da máquina de cravação (Etapa 1) | 77 |
| | Anexo IV– Tarefas a realizar durante o C/O da máquina de cravação (Etapa 2) | 78 |
| | Anexo V – Tarefas a realizar durante o C/O da máquina de cravação (Etapa 3)..... | 79 |
| | Anexo VII – Utilização do ficheiro de sequenciação de manifestos..... | 82 |
| | Anexo VIII – Instrução de trabalho para a rota de abastecimento | 84 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Casa do TPS (von Rosing, von Scheel, & Scheer, 2014) | 5 |
| Figura 2 - O ciclo do pensamento Lean | 9 |
| Figura 3 - Os 7 Desperdícios (Russell & Taylor, 2010) | 10 |
| Figura 4 - Instalações Delphi Automotive Systems - Portugal S.A. | 16 |
| Figura 5 - Produtos e Clientes | 16 |
| Figura 6 - Layout do edifício 2 | 18 |
| Figura 7 - Fluxos de materiais e informação | 19 |
| Figura 8 - Máquina de injeção e posto de embalagem | 21 |
| Figura 9 - Posto de carregamento | 22 |
| Figura 10 - Área de entrada e saída de redes da máquina de pintura | 23 |
| Figura 11 - Posto de inspeção Visual - Pintura | 24 |
| Figura 12 - Layout da montagem final | 25 |
| Figura 13 - Dispersão de tarefas do operador PC&L (verde – Pouco frequente; amarelo – regularmente; vermelho – muito frequente) | 26 |
| Figura 14 - Supermercados: A - Peças Pintadas; B - Peças Injetadas; C - Peças Compradas | 28 |
| Figura 15 - Linha 1 - Montagem final | 29 |
| Figura 16 - Posto stand alone | 30 |
| Figura 17 - Posto de greasing | 31 |
| Figura 18 - A - Máquina Gravação; B - Máquina Cravação | 32 |
| Figura 19 - A - Base de Cravação Superior; B - Base de Cravação Inferior | 33 |
| Figura 20 - Posto de Inspeção Visual - Montagem Final | 34 |
| Figura 21 - Evolução do stock no supermercado de pintura | 36 |
| Figura 22 - Carro para colocação do output das LMF | 40 |
| Figura 23 - Locais a atender para realização do C/O | 41 |
| Figura 24 - Tarefas do C/O vs Tempo Total de C/O | 44 |
| Figura 25 - Utilização das máquinas de cravação e gravação (horas) | 45 |
| Figura 26 - Controlo de existências no supermercado de peças pintadas | 47 |
| Figura 27 - Escolha de produtos a planear | 47 |
| Figura 28 - Planeamento de necessidade de peças pintadas | 48 |
| Figura 29 - Representação do tempo de abastecimento | 50 |
| Figura 30 - Cartão Kanban | 53 |
| Figura 31 – Rampa de alocação de material | 54 |
| Figura 32 - Quadro da rota | 55 |
| Figura 33 - Manifesto | 56 |
| Figura 34 - Manifesto melhorado | 58 |
| Figura 35 - Interface do ficheiro de nivelamento | 59 |
| Figura 36 - Quadro de suporte à rota | 59 |
| Figura 37 - Máquina de pré aquecimento das bases de cravação | 61 |
| Figura 38- Antes e depois: Base do carro | 62 |
| Figura 39 - Antes e depois: Altura da estante | 63 |
| Figura 40 - Interface do ficheiro de sequenciação de manifestos | 82 |
| Figura 41 - Ficheiro de sequenciação de manifestos (escolha do produto) | 82 |
| Figura 42 - Ficheiro de sequenciação de manifestos (tabela de resultados) | 83 |
| Figura 43 - Ficheiro de sequenciação de manifestos (gráfico de nivelamento) | 83 |
| Figura 44 - Instrução de trabalho da rota de abastecimento | 84 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Evolução do nível de stock (exemplo 1) | 37 |
| Tabela 2 - Evolução do nível de stock (exemplo 2) | 37 |
| Tabela 3 - Paragens para auto abastecimento p/ turno | 39 |
| Tabela 4 - Perdas diárias associadas ao auto abastecimento | 39 |
| Tabela 5 - Perdas diárias associadas a transportes | 41 |
| Tabela 6- Perdas diárias associadas aos C/O das LMF | 42 |
| Tabela 7 - Perdas diárias associadas a transportes | 43 |
| Tabela 8 -Tarefas externas vs tarefas internas | 44 |
| Tabela 9 - Resumo das perdas diárias associadas às máquinas de cravação e gravação | 45 |
| Tabela 10 - Evolução do material disponível nas linhas..... | 51 |
| Tabela 11 - Excerto do ficheiro de criação de kanbans..... | 52 |
| Tabela 12 - Manifestos vs Kanban..... | 57 |
| Tabela 13 - Tempo médio de colocação de material nas LMF (min) | 60 |
| Tabela 14 - Conversão de tarefas internas para externas..... | 61 |
| Tabela 15 - Evolução dos tempos de tarefas internas e externas (adaptado de costa et al, 2013)..... | 63 |
| Tabela 16 - Perdas diárias associadas ao auto abastecimento (Antes vs Depois) | 64 |
| Tabela 17 - Perdas diárias associadas ao transporte de materiais (Antes vs Depois)..... | 65 |
| Tabela 18 - Perdas diárias associadas aos C/O das LMF (Antes vs Depois)..... | 65 |
| Tabela 19 - Perdas diárias associadas ao transporte de materiais (Antes vs Depois)..... | 66 |
| Tabela 20 - Perdas diárias associadas ao C/O das máquinas de cravação e gravação (Antes vs Depois) | 67 |
| Tabela 21 - Resumo dos resultados obtidos | 67 |
| Tabela 22 - Tempos de ciclo e volume p/ produto | 75 |
| Tabela 23 - Tempos de C/O..... | 76 |
| Tabela 24 - Tarefas do C/O (etapa 1) | 77 |
| Tabela 25 - Tarefas do C/O (etapa 2) | 78 |
| Tabela 26 - Tarefas do C/O (etapa 3) | 79 |
| Tabela 27 - Ficheiro de cálculo de quantidade de Kanbans | 80 |

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

C/O – Change Over

JIT – Just In Time

LMF – Linha de Montagem Final

MIEGI – Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

PC&L – *Planning Control & Logistics*

SMED – Single Minute Exchange of Die

TC – Tempo de Ciclo

TPS – Toyota Production System

TT – Takt Time

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o enquadramento para esta dissertação, os objetivos, a metodologia de investigação usada e a organização da dissertação.

1.1 Enquadramento

Depois de uma era industrial na qual se conseguia vender tudo aquilo que se produzia, chegou-se a um momento em que essa realidade se alterou, dando lugar a uma indústria que tem a necessidade de se focar nos seus clientes, atendendo à diversidade de requisitos dos mesmos (Ohno, 1988). Taiichi Ohno, pioneiro do conceito de produção *Lean* (Womack & Jones), apercebeu-se desta mudança, e criou assim o Toyota Production System (TPS), para fazer face às alterações socioeconómicas e tecnológicas na conjuntura industrial (Ohno, 1988). A disseminação das práticas da Toyota pelos países do ocidente deram origem ao movimento *Lean*, que visa a eliminar os desperdícios encontrados na cadeia de valor, obtendo melhorias de qualidade e níveis de serviço, e redução de custos (Lander & Liker, 2007).

A Delphi Automotive Systems – Portugal S.A., é fornecedora direta de algumas das maiores marcas automóveis que atuam no mercado. É, assim, política da empresa, exceder as expectativas dos seus clientes, sendo categórica a necessidade de uma melhoria contínua dos seus processos. Para tal, toda a atividade inerente à empresa, tem como foco o pensamento *Lean*, objetivando assim a agilização dos processos, uma gestão da produção precisa e a garantia de qualidade dos seus produtos.

A Delphi é composta por duas grandes áreas de produção, a primeira é responsável pela montagem de componentes eletrónicos, tendo como produtos acabados: auto rádios, antenas e sistemas de navegação. No que diz respeito à segunda área, esta é responsável pela produção e fornecimento de peças plásticas que compõe os produtos montados na primeira área referida. A área de produção de peças plásticas está repartida em três secções, injeção, pintura e montagem de peças.

O projeto desenvolvido na presente dissertação centra-se no sistema produtivo da área de plásticos, mais especificamente, na montagem final. Esta secção apresenta ineficiências associadas tanto ao abastecimento dos postos de trabalho como aos elevados tempos de

change-over's (C/O). Surge assim a necessidade de implementação de ferramentas *Lean*, de modo a superar tais lacunas no sistema produtivo.

1.2 Objetivos

De um modo geral, o objetivo deste projeto passou por melhorar o desempenho do sistema produtivo de uma área de montagem final através da implementação de melhorias baseadas nos pressupostos do Lean Production. De modo a atingir tais melhorias, traçaram-se objetivos mais específicos, que passaram por:

- Implementar uma rota de abastecimento de material, regida por um sistema *kanban*;
- Recorrer à metodologia SMED de forma a reduzir os tempos de *change-over* das linhas de montagem e das máquinas utilizadas nos processos do sistema em análise;
- Melhorar o sistema de planeamento de reposição de supermercados, de forma a evitar quebras de materiais que possam inviabilizar o funcionamento da rota de abastecimento;
- Garantir que as melhorias implementadas tenham um caráter contínuo e *standardizado* dentro da organização.

De forma a medir o impacto das melhorias implementadas no desempenho do sistema produtivo, foram utilizados indicadores de desempenho, tais como a produtividade, os tempos utilizados em *change-overs*, o custo dos recursos face ao output do sistema, o nível de material em processo (WIP), o número de paragens por falta de material e as distancias percorridas pelos operadores no transporte de materiais e nos processos de *change-over*.

1.3 Metodologia

A metodologia de investigação utilizada no desenvolvimento do projeto denomina-se de *Action Research* (Kemmis & McTaggart, 2005). Segundo Coutinho et al. (2009) a investigação ação é uma metodologia de pesquisa que tem por finalidade a transformação de uma dada realidade e a conseqüente produção de conhecimento.

Kemmis & McTaggart, (2005) associam esta metodologia a uma espiral, em que o primeiro passo diz respeito ao planeamento das atividades; em segundo, a implementação de ações;

seguida da observação dos resultados destas implementações; o último passo deste ciclo, a reflexão, consiste na interpretação dos resultados obtidos. Este carácter cíclico é também referido na bibliografia sobre o TPS e o Lean, que refere ferramentas para resolução de problemas e implementação de melhorias com carácter contínuo, como é o caso do ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) (Fernandes, Sousa, & Lopes, 2013).

Esta metodologia de investigação permite articular os conhecimentos académicos do investigador e a pesquisa bibliográfica respetiva às filosofias associadas ao *Lean Manufacturing*, com a realidade e as necessidades existentes no sistema em estudo.

1.4 Estrutura da dissertação

O presente relatório encontra-se dividido em 8 capítulos. O primeiro dos quais apresenta um enquadramento do tema, os respetivos objetivos e as metodologias utilizadas para atingir os mesmos.

No segundo capítulo realiza-se uma revisão bibliográfica dos conceitos e metodologias expostos adiante no relatório, com o intuito de contextualizar, clarificar e facilitar a leitura do mesmo.

No terceiro capítulo realiza-se a apresentação da empresa onde se realizou este projeto, dando ênfase à organização da área de plásticos.

O quarto capítulo caracteriza a situação atual da empresa, com enfoque na secção de montagem final da área de plásticos.

No quinto capítulo efetua-se uma análise crítica da situação descrita no capítulo 4, identificando e quantificando aspetos passíveis de melhoria.

O sexto capítulo expõe as propostas de melhoria, e respetiva implementação, ao sistema produtivo.

No sétimo capítulo quantificam-se os resultados obtidos com a implementação das melhorias propostas.

Por fim, o oitavo capítulo apresenta as considerações finais do autor e os possíveis trabalhos futuros a realizar de forma a dar seguimento ao tema tratado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre os principais conceitos e ferramentas Lean que serviram de base ao desenvolvimento do projeto, começando por falar do Toyota Production System que esteve na base do conceito Lean Manufacturing.

2.1 Toyota Production System

No período pós segunda Guerra Mundial, a indústria automóvel japonesa enfrentava dois obstáculos à sua sustentabilidade, em primeiro lugar, a escassez de recursos naturais, que os obrigava a importar tais recursos, aumentando os seus custos de produção (Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa, 1977). Em segundo, os baixos níveis de procura sentidos no Japão naquela altura (Russell & Taylor, 2010).

Para fazer face a esta situação, Eiji Toyoda, o então presidente executivo da Toyota Motor Corporation, incumbiu um dos seus diretores fabris, Taichii Ohno, de garantir o aumento da eficiência dos processos produtivos da Toyota (Liker, 2003). Conjugando a sua experiência no chão de fábrica com um *benchmarking* aos processos da Ford, Taichii Ohno desenvolveu o Toyota Production System (Liker, 2003).

Monden, (2011) e Ohno (1988) defendem que o TPS, para além de um sistema produtivo, é um sistema de gestão de toda a cadeia de valor do produto, que tem a finalidade de reduzir os custos associados às atividades produtivas através da redução total dos desperdícios (Lander & Liker, 2007). Segundo Ohno (1988) existem duas abordagens paralelas para alcançar o propósito do TPS, são estas, o *Just-in-Time* e o *Jidoka*. O primeiro diz respeito a entregar o que é necessário, quando é necessário, na quantidade necessária, resultando numa redução do prazo de entrega do produto e dos seus níveis de inventário (Sugimori et al., 1977).

Quanto ao *Jidoka*, é definido como uma prática que concede autoridade aos operadores para parar a produção quando estes encontram peças defeituosas. Esta prática surge da crença de Taiichi Ohno no conceito de “zero defeitos” (Russell & Taylor, 2010). A Figura 1 representa aquilo que é designado como a “casa do TPS”. Este esquema reproduz uma analogia entre a estrutura de uma casa e a estrutura necessária ao funcionamento do TPS.

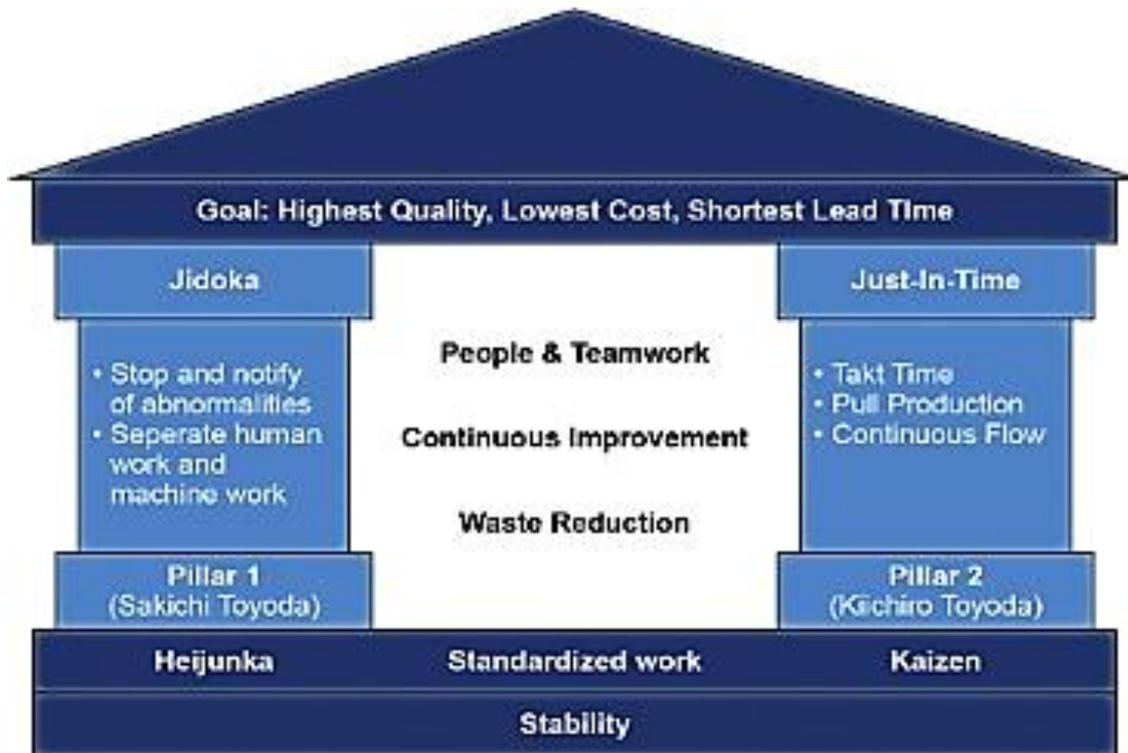


Figura 1 - Casa do TPS (von Rosing, von Scheel, & Scheer, 2014)

A “casa do TPS” exprime a necessidade do sistema assentar numa base de melhoria contínua (*kaizen*), de padronização dos processos e procedimentos, e de nivelamento da produção (*heijunka*) (Liker, 2003). Asseguradas as fundações, é possível implementar as duas abordagens anteriormente referidas, o JIT e o *Jidoka*. Estes dois princípios visam garantir as principais pretensões do sistema, representadas pelo telhado da casa, ou seja, conseguir produtos com elevada qualidade, num curto espaço de tempo, a custo reduzido (Lander & Liker, 2007).

O *Just-in-time* foi pensado com o intuito de minimizar os prazos de entrega dos produtos, através da eliminação total de tarefas sem valor acrescentado, que não são necessárias à produção (McWatters & Fullerton, 2000). Este tipo de sistema produtivo caracteriza-se por produzir em fluxo contínuo, apenas o que é requerido pelo processo a jusante, através de um sistema *pull* (von Rosing et al., 2014). Para que tal aconteça, o sistema deve assentar em três princípios fundamentais: Takt Time, fluxo contínuo e sistema *pull*.

O *Takt Time* exprime o ritmo a que se deve produzir cada peça para ir de encontro á quantidade de peças pretendidas pelo cliente, no prazo pretendido (Byrne & Womack, 2012).

O termo *Takt Time* provém do termo germânico *taktstock* que significa batuta, instrumento utilizado pelos maestros para marcar o ritmo da orquestra (Meredith & Shafer, 2015). Segundo Byrne & Womack (2012), não é possível dar início a uma ação de melhoria sem conhecer o *Takt Time* de um processo, pois tudo o que seja mais rápido do que o ritmo estabelecido pelo cliente é desperdício. Segundo Meredith & Shafer, (2015) o *Takt Time* calcula-se através da seguinte equação:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ disponível\ por\ dia}{Procura\ diária}$$

O fluxo contínuo é a arma que permite enaltecer os problemas existentes no processo (von Rosing et al., 2014). Este princípio é conseguido através da redução da dimensão dos lotes, de modo a reduzir inventário ao longo do sistema, indo de encontro ao *one piece flow*, ou seja, o máximo de uma peça em produção (Sugimori et al., 1977). Outro aspeto importante a ter em conta para atingir um fluxo contínuo é, a identificação de *bottlenecks* e o consequente balanceamento do trabalho das linhas de produção (Meredith & Shafer, 2015). Segundo Carvalho (2000) os níveis de inventário altos não permitem que os problemas do sistema sejam visíveis, é assim importante garantir o fluxo contínuo nos processos produtivos para ir de encontro à eliminação total de desperdícios acima referida.

O sistema *Pull* (puxado) foi inspirado nos supermercados americanos, que ao contrário dos vendedores porta a porta japoneses, disponibilizavam um espaço onde era possível obter os bens necessários quando necessário (Ohno, 1988). Este sistema reflete assim a materialização da expressão “a quantidade necessária, na altura necessária”. De forma sucinta, a produção puxada consiste num determinado processo retirar do processo a montante, apenas, os materiais necessários naquele momento, para produzir um determinado produto, ou lote do mesmo. Consequentemente, o processo de onde foram retirados materiais, irá repor os materiais necessários (retirando para isso materiais do processo a montante) e assim sucessivamente, até à matéria-prima (Sugimori et al., 1977). O princípio de produção puxada visa essencialmente à redução do lead time e dos inventários de produtos (Meredith & Shafer, 2015).

2.2 Lean Production

Segundo Womack & Jones (1996), Taiichi Ohno foi o pioneiro do pensamento Lean com o desenvolvimento do sistema produtivo da Toyota. Dada a difusão e adoção dos princípios de redução de desperdícios e de melhoria contínua dos processos, por parte de outras empresas, originou-se o movimento *Lean* (Womack, Jones, & Roos, 1990).

O termo “*Lean*”, associado à descrição dos sistemas produtivos foi inicialmente usado em 1988 por John Krafcik no seu artigo “*Triumph of the Lean Production System*” (Krafcik, 1988). No entanto, o crédito pela afirmação e difusão do conceito e das práticas Lean foi atribuído ao *best-seller* “*The Machine That Changed the World*” (Womack et al., 1990).

Segundo Womack & Jones (1996) o *Lean Production* marca uma mudança no paradigma industrial, substituindo a produção “empurrada” orientada para os *stocks*, idealizada por Taylor, por uma produção “puxada” orientada à eliminação total dos desperdícios.

2.2.1 Princípios Lean Thinking

O propósito do pensamento *Lean* passa por fazer mais com menos – menos recursos humanos, menos máquinas e equipamentos, menos espaço, tudo em menos tempo (Womack & Jones, 1996). De acordo com estes autores “Oferecer o bem ou serviço errado da forma certa é desperdício”. Para atingir tal objetivo, no livro “*Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*”, Womack & Jones (1996) apresentam os cinco princípios *Lean Thinking*. Estes correspondem a cinco passos que as empresas devem seguir para implementar o pensamento *Lean* na sua organização.

Os cinco princípios introduzidos por Womack e Jones são, a definição de valor, a identificação do fluxo de valor, a criação de fluxo contínuo, a implementação de um sistema “puxado”, e por último, a procura contínua pela perfeição. Estes são explicados a seguir:

Valor: Segundo Womack & Jones (1996), é o cliente final que define o valor, isto é, o valor é definido pelos requisitos apresentados pelo cliente e por aquilo que este está disposto a pagar, numa janela de tempo específica. A importância de identificar valor reside numa abordagem alternativa deste conceito. Valor pode ser entendido como o oposto de desperdício. Sendo o objetivo do Lean a eliminação total dos desperdícios, tudo o que pode restar são atividades que acrescentam valor ao produto (Meredith & Shafer, 2015).

Fluxo de valor: definir o fluxo de valor implica identificar todas as atividades necessárias para obter um produto específico (Womack & Jones, 1996). Pela análise de tais atividades é possível distinguir três tipos de atividade diferentes, atividades de valor acrescentado, sem valor acrescentado mas necessárias à produção (ex.: *change-overs*), e, por fim, atividades sem valor acrescentado (desnecessárias ao processo produtivo), ou seja, os desperdícios que se pretendem eliminar (Kamauff, 2009).

Fluxo contínuo: depois de identificar e eliminar as atividades que causam desperdício, segue-se a criação do fluxo contínuo, isto é, garantir que as atividades que gerem valor fluam (Womack & Jones, 1996). De forma sucinta, o fluxo contínuo contrapõe-se à mentalidade “*batch and wait*”, ou seja, implica a minimização do tamanho dos lotes e *buffers* intermédios, de forma a conseguir que os produtos fluam ao longo do processo (Meredith & Shafer, 2015).

Produção Pull: Segundo Womack & Jones (1996), resume-se a um determinado processo não poder produzir sem que seja requerido pelo processo seguinte. Este princípio do pensamento Lean, corresponde ao sistema produtivo “puxado”, que serve de base à produção JIT.

Busca da Perfeição: De acordo com Womack & Jones (1996) não existe um fim para a busca de soluções de redução de esforços, tempo, espaço, custos e erros. Meredith & Shafer (2015) defendem que este último princípio do pensamento *Lean* remete para o conceito de melhoria contínua, um dos três conceitos apresentados por Ohno como base do *Toyota Production System*, sob o nome de Kaizen (Ohno, 1988). Esta noção é reiterada por Womack & Jones (1996) no livro “*Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*”, onde definem os princípios *Lean* como um “ciclo virtuoso”, tal como representado na Figura 2.



Figura 2 - O ciclo do pensamento Lean

2.2.2 Os sete desperdícios

Muitos, se não todos os autores, identificam a eliminação de desperdícios como sendo a principal finalidade do TPS, e conseqüentemente do pensamento *Lean* (Monden, 2011; Ohno, 1988, 2012; Sugimori et al., 1977; Womack et al., 1990). É através da eliminação de desperdícios que se garantem melhorias de eficiência que levam à tão desejada redução de custos (Ohno, 1988). Para ir de encontro à redução, ou idealmente, à eliminação dos desperdícios, é necessário identificar os mesmos. Enquanto desenvolvia o sistema de produção da Toyota, Taiichi Ohno identificou sete desperdícios (Figura 3) inerentes às atividades realizadas no chão de fábrica (Liker, 2003).

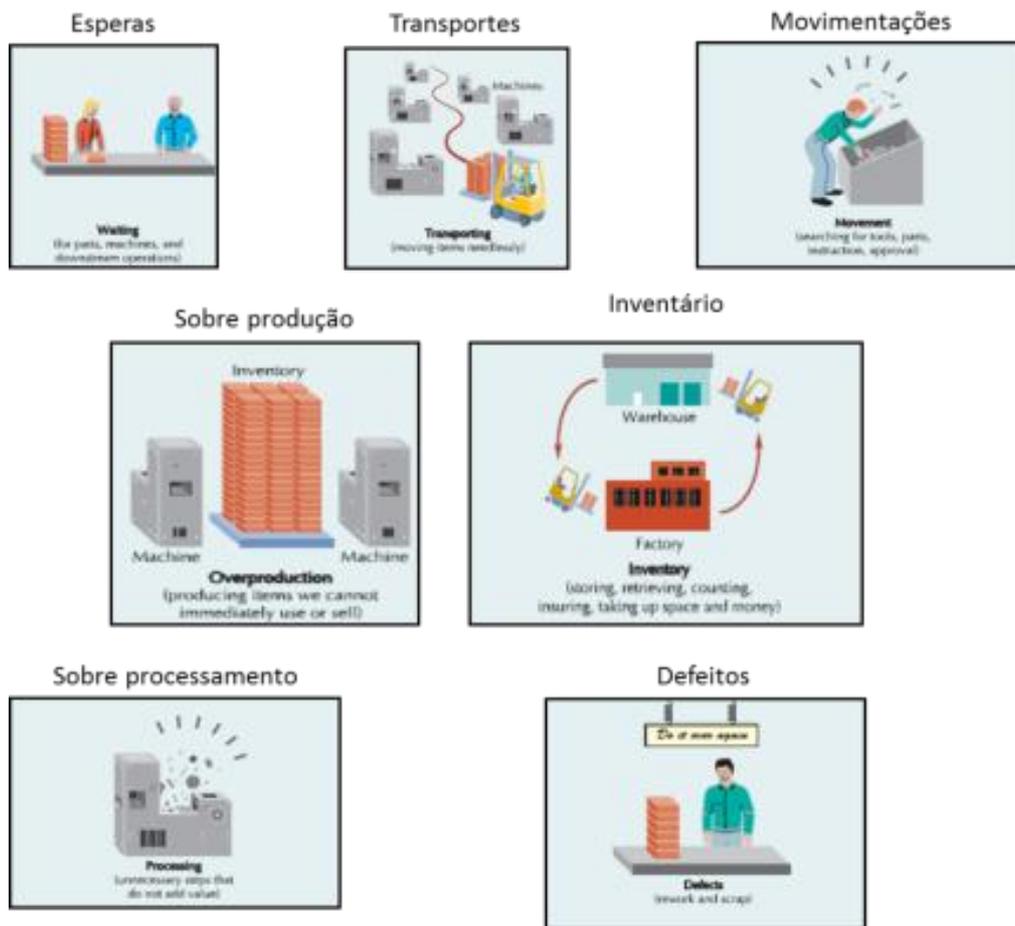


Figura 3 - Os 7 Desperdícios (Russell & Taylor, 2010)

A seguir descrevem-se os sete desperdícios propostos por Ohno (1988):

Inventário: Refere-se ao excesso de existências de matéria-prima, *WIP* (*work in progress*) e de produto acabado, acarretando custos associados a transportes, armazenamento e até mesmo danificação dos materiais (Liker, 2003). Sugimori et al. (1977) descrevem os inventários como sendo o desperdício mais grave, pois a existência de material em *stock* transmite a ideia de que não existem problemas, assim, os inventários excessivos tornam mais difícil a tarefa de identificar outros desperdícios (Liker, 2003). A redução da quantidade mínima dos lotes de produção é uma forma eficaz de reduzir os inventários ao longo do processo produtivo (Apreutesei, Suciú, & Arvinte, 2010).

Transportes: Diz respeito ao transporte de materiais, ferramentas, produtos entre processos ou para armazenamento (Liker, 2003). Este desperdício deve-se a distâncias excessivas entre linhas e ao mau arranjo do *layout* das próprias linhas (Brophy, 2014).

Movimentos/Movimentações: São os excessos de movimentos realizados pelos operadores e as próprias movimentações (caminhar) (Liker, 2003). Deve-se normalmente à falta de padronização do trabalho, ao mau dimensionamento dos postos de trabalho e também à falta de organização e arrumação dos postos (Sople, 2011).

Defeitos: Considera-se desperdício as peças produzidas com defeito. Estas peças representam sucata ou retrabalho, na primeira não existe retorno financeiro pelos bens produzidos, na segunda é tempo extra dos recursos para retrabalhar as peças (Liker, 2003). Este desperdício é normalmente originado pela falta de manutenção preventiva de ferramentas e equipamentos, bem como a falta de padronização e treino dos operadores (Apreutesei et al., 2010).

Esperas: Segundo Liker (2003), este tipo de desperdício acontece quando um operador está parado, a olhar para uma máquina (processo automático), à espera do término de um processo anterior, à espera de ordens, ou até de ser abastecido com componentes, ferramentas, entre outros. Este desperdício apresenta diversas causas, como são exemplo o mau planeamento, mau balanceamento do trabalho, atrasos de fornecedores, problemas de comunicação, entre outros (Brophy, 2014; Sople, 2011).

Sobre-processamento: Liker (2003) designa este desperdício de sobre-processamento ou processamento incorreto, isto porque foram identificados dois tipos de atividades distintas que originam este defeito. Por um lado, existe o processamento excessivo (sobre-processamento), que implica fazer mais do que é realmente necessário, por exemplo, atividades que garantem mais qualidade ao produto do que aquela que é requerida pelo cliente, outros exemplos são processos de reembalamento ou a inspeção excessiva de produtos (Brophy, 2014). O segundo tipo de atividades referido, designado por Liker (2003) como processamento incorreto, diz respeito ao processamento ineficiente dos produtos, consequência do mau estado das máquinas ou ferramentas, que resulta em produtos defeituosos ou movimentos desnecessários dos operadores.

Sobreprodução: Diz respeito à produção de produtos em excesso, isto é, produtos que não são necessários num dado momento, que não têm encomendas (Carvalho, 2000). Se os inventários “escondem” outros desperdícios, a sobreprodução agrava os outros desperdícios, sendo por isso considerado o pior dos sete desperdícios por alguns autores (Apreutesei et al., 2010; Monden, 2011). É fácil entender esta premissa, pois toda a produção deve ser transportada e armazenada; as percentagens de peças defeituosas não diminuem por se

produzir mais, e as perdas de tempo resultantes do mau balanceamento das linhas replicam-se em todas as peças produzidas (Apreutesei et al., 2010).

2.3 Ferramentas Lean

Nesta secção são descritas brevemente algumas ferramentas Lean de maior relevância no projeto desenvolvido nesta dissertação.

2.3.1 *Kanban*

O *kanban* (termo japonês para “cartão visível”) é um método de controlo do fluxo de produção, que tem o objetivo de garantir um sistema de produção puxado (Ohno, 1988). O termo *kanban* foi escolhido para esta ferramenta pois, na prática, recorre-se à utilização de cartões, de forma a sinalizar a necessidade de produzir ou movimentar produtos (Russell & Taylor, 2010). Regra geral, o *kanban* corresponde a uma quantidade (a produzir ou movimentar) e contém informação relativa ao produto, tal como a referencia, o tipo de embalagem, a designação, entre outros (Russell & Taylor, 2010).

A utilização do *kanban* (adaptada do sistema de abastecimento de prateleiras em supermercados) consiste na emissão de um sinal (*kanban*) por parte de um posto, que indica o posto de trabalho anterior que aquele precisa de ser reabastecido, mantendo assim o funcionamento do sistema *pull*, abastecendo apenas a quantidade necessária no momento necessário (Liker, 2003). Segundo Melton (2005), esta é uma ferramenta eficaz na implementação de um sistema produtivo puxado, na redução do *lead time* do produto e no nivelamento do WIP.

2.3.2 Single Minute Exchange of Dies (SMED)

A metodologia SMED (Single Minute Exchange of Dies) consiste na redução dos tempos de preparação dos *Set Up's* e dos desperdícios associados aos processos de *change-over* (Costa, Sousa, Bragança, & Alves, 2013). Segundo Shingo & Dillon (1989) a metodologia SMED é essencial para a eliminação do desperdício de sobreprodução, para a redução do tempo de ciclo e para a possibilidade de produção de pequenas quantidades por lote.

Indo mais longe, pode concluir-se que o SMED também permite, por um lado, a redução de desperdícios associados a inventário de produtos, movimentações, transportes e espera, e por

outro, o aumento da qualidade dos produtos e da flexibilidade dos processos (Costa et al., 2013). O SMED, criação de Shigeo Shingo (Shingo & Dillon, 1989) tem por base a diferenciação das tarefas realizadas no processo de *change over*, entre internas e externas. As primeiras correspondem a tarefas que apenas podem ser executadas quando a máquina está parada, enquanto as segundas correspondem às tarefas que podem ser realizadas enquanto a máquina está em funcionamento (Ribeiro, Braga, Sousa, & Silva, 2011).

A metodologia SMED consiste na execução de três etapas: 1) identificar e separar as tarefas internas e externas do processo em questão; 2) transformar o máximo de tarefas internas possível, em tarefas externas (Costa et al., 2013), de forma a reduzir o tempo de paragem da máquina e 3) racionalizar tanto as tarefas internas como externas, isto é, criar condições para que estas tarefas sejam executadas de forma mais eficiente (Ribeiro et al., 2011).

2.3.3 Técnica 5S

Os 5S (seiri, seiton, seiso, seiketsu, e shisuke) implicam a triagem, a arrumação, a limpeza, a *standardização* e a manutenção dos espaços de trabalho. Esta ferramenta tem por objetivo garantir a organização e arrumação do chão de fábrica, de forma a facilitar os fluxos de materiais, informação e pessoas. Esta ferramenta é considerada por alguns autores como o primeiro passo da implementação do sistema *lean*, pois as outras ferramentas requerem a organização do chão de fábrica e porque o envolvimento dos operadores nesta ferramenta resulta num sentimento de posse e assim, de preservação do espaço de trabalho (Melton, 2005; Monden, 2011).

2.3.4 *Standard Work*

Segundo Liker (2003) a padronização do trabalho é a base para melhoria contínua dos processos, e para a obtenção de um fluxo de materiais e informação, estável e previsível. Sendo que o processo de melhoria funciona como um ciclo, em que o *standard* definido é o início do ciclo, que serve de base para a melhoria. No caso de ser implementada uma melhoria, esta passa a ser o novo *standard* (Liker, 2003). Esta ferramenta também é vantajosa no que diz respeito à integração de novos colaboradores, facilitando o treino dos mesmos

(Shingo & Dillon, 1989). É importante ter em conta que a padronização do trabalho vai para além das operações de produção abrangendo todos os procedimentos da organização (Ohno, 1988).

2.3.5 Gestão Visual

Diferentes autores abordam a gestão visual em prismas distintos. Uma destas abordagens diz respeito a perceber de forma clara e rápida o que está a acontecer na organização. Segundo Hirano & Talbot (1995) os 5S's são a base para implementação de melhorias, e por sua vez, a arrumação e a organização são os pilares fundamentais do 5S.

Para garantir a arrumação e a organização, é necessário utilizar ferramentas de gestão visual como quadros sinalizadores ou as *red-tags* (ex: etiquetas que sinalizam materiais fora do seu lugar). Assim, Hirano & Talbot (1995) consideram a gestão visual uma ferramenta essencial ao apoio dos 5S's, que tem a principal vantagem de permitir que os problemas da organização, os seus desperdícios e anomalias se tornem visíveis para todos.

Uma segunda perspetiva é apresentada por Brophy (2014), que define o propósito da gestão visual como uma ferramenta que permite identificar rapidamente desvios ao *standard* implementado. No entanto, Brophy (2014) divide a gestão visual em quatro vertentes: a manutenção de todos os dispositivos de gestão visual; os controlos visuais para prevenção de peças defeituosas; a utilização de *displays* visuais para partilha de informação e indicadores referentes ao *status* da organização; e, por fim, tal como Hirano & Talbot (1995) defendem, a organização do chão de fábrica para garantir um espaço seguro e eficiente e também expor não conformidades.

É assim possível concluir que ambos os autores atribuem finalidades diferentes à gestão visual, no entanto, ambos reconhecem a sua importância para o desempenho das atividades das organizações.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Este capítulo apresenta a empresa onde foi realizada esta dissertação. De uma forma sintética são apresentadas as instalações, produtos e cliente e política de qualidade. Adicionalmente é descrito o departamento de plásticos, departamento onde se realizou o projeto, descrevendo de uma forma breve as secções de produção, os fluxos de materiais e informação e o planeamento e programação.

3.1 Identificação e localização

O grupo Delphi foi criado em 1997 na cidade de Troy, nos EUA. A Delphi é um fornecedor direto de algumas das mais importantes marcas de fabricantes automóveis. Conta com aproximadamente 160 mil colaboradores, em 32 países. A representação da Delphi no continente europeu é responsável por 39 por cento das suas vendas totais. Contando com 48 instalações, entre centros de desenvolvimento, centros de apoio ao cliente, e áreas dedicadas à produção.

O grupo Delphi encontra-se dividido em cinco segmentos de mercado: *Electrical/Electronic Architecture*, *Powertrain Systems*, *Thermal Systems*, *Product and Service Solutions* e *Electronics and Safety*. É neste último segmento que se enquadra a Delphi Automotive Systems – Portugal S.A., área de produção instalada em Braga, Portugal.

A Delphi Automotive Systems – Portugal S.A., emprega cerca de 750 colaboradores. Responsáveis por cerca de 6% do volume total de vendas do segmento *Electronics and Safety*, o que corresponde a aproximadamente 170 milhões de dólares americanos.

3.1.1 Instalações

As instalações da Delphi em Braga dividem-se em 4 edifícios, que ocupam uma área coberta total de 17 mil m². A área de produção diz respeito a 10 mil m² dos 17 totais, e a dois dos quatro edifícios. Estes dois edifícios são designados por edifício 1 e 2, sendo o primeiro responsável pela manufatura de componentes eletrónicos e o segundo pela produção de peças plásticas. Na Figura 4 apresenta-se um croqui das instalações da Delphi em Braga.

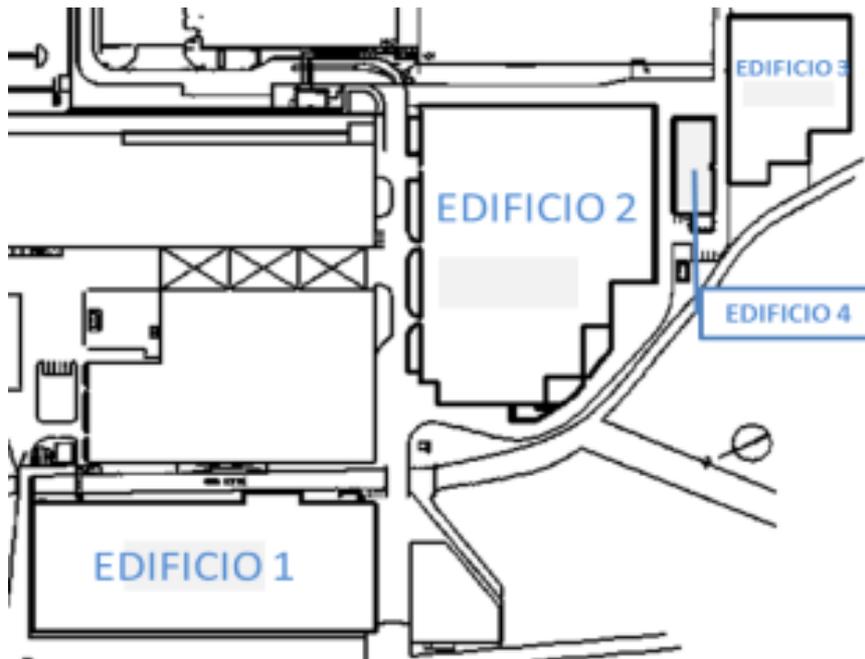


Figura 4 - Instalações Delphi Automotive Systems - Portugal S.A.

3.1.2 Produtos e Clientes

A Delphi Automotive Systems – Portugal S.A. dedica-se à produção de componentes para a indústria automóvel. Tem como produtos acabados: autorrádios, sistemas de navegação e sistemas de receção (antenas). Todos estes produtos são fornecidos às mais importantes marcas de fabricantes de automóveis presentes no mercado, como é o caso do Grupo Volkswagen, da Daimler AG, General Motors, entre outros. A Figura 5 apresenta exemplos de alguns produtos acabados e clientes da Delphi Automotive Systems – Portugal S.A..



Figura 5 - Produtos e Clientes

3.1.3 Política de Qualidade

No que diz respeito à qualidade dos seus produtos, o objetivo da Delphi Automotive Systems – Portugal S.A. é exceder as expectativas dos seus clientes. Como base para atingir tal

objetivo, a Delphi rege-se por oito princípios: foco no cliente; reconhecimento dos colaboradores; respeito mútuo; trabalho em equipa; inovação e melhoria contínua; “fazer bem” à primeira, preferindo a utilização de medidas preventivas em detrimento de medidas corretivas; eliminação de desperdícios em todas as áreas, e por fim, aceitar a mudança como uma oportunidade de melhoria.

3.2 Departamento de plásticos

O departamento de plásticos, no qual se desenvolveu este projeto, representa um dos maiores e mais recentes investimentos da Delphi Automotive Systems - Portugal S.A.. Tal investimento permitiu à unidade de Braga responsabilizar-se por mais um nível da sua cadeia de abastecimento, podendo assim agilizar a sua capacidade de resposta, aumentar a fiabilidade do seu planeamento, facilitar a comunicação entre cliente e fornecedor e acrescentar valor ao produto onde anteriormente não o podia fazer.

3.2.1 Secções de Produção

O departamento de plástico situa-se no edifício 2 (Figura 6) que está dividido entre o armazém da fábrica e a área de produção, o departamento de plásticos, que conta com cerca de 60 colaboradores, divididos por diferentes áreas de atividade, tais como, produção (operadores de linha/máquina), qualidade, manutenção de moldes, manutenção de equipamentos, engenharia de processo e respetivas chefias.

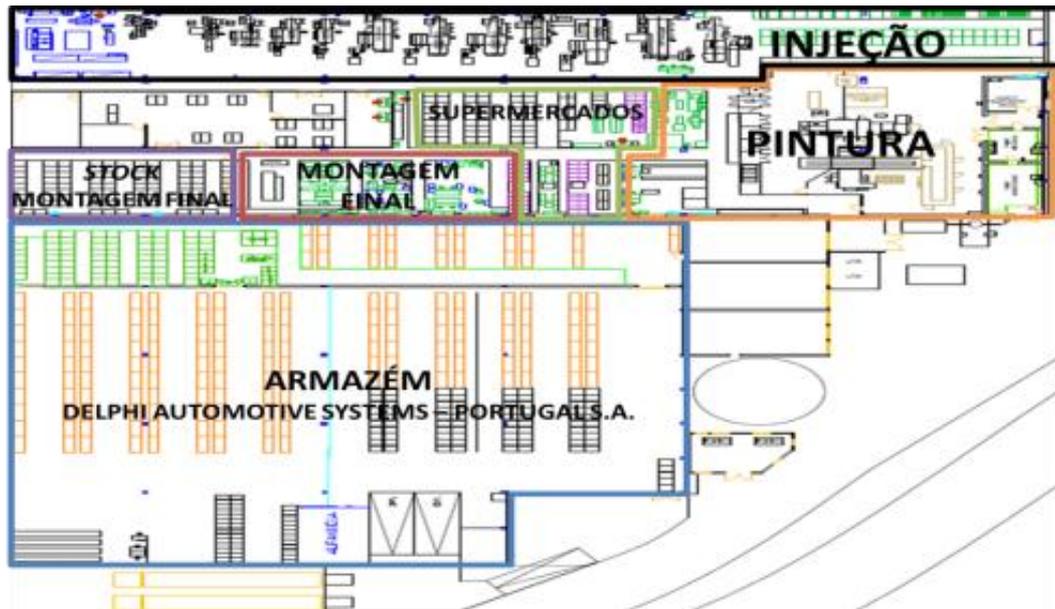


Figura 6 - Layout do edifício 2

No âmbito deste projeto é também importante referir a presença de colaboradores responsáveis por efetuar rotas para transporte, alocação e abastecimento de materiais. Apesar de se encontrarem afetos à área de plásticos, estes colaboradores pertencem a um outro departamento da Delphi, o PC&L (Production Control and Logistics). Este departamento é responsável não só pelo abastecimento de materiais às diferentes áreas de produção, como também pelo planeamento da produção e cálculo de necessidades de materiais das mesmas.

Os plásticos (designação interna dada à área de produção de plásticos) encontram-se divididos em três zonas de produção, são elas a injeção, a pintura e a montagem final (Figura 6 acima). Os produtos acabados, resultantes da atividade destas três secções, são posteriormente fornecidos ao edifício 1, como componentes da produção do mesmo.

3.2.2 Fluxos de Material e Informação

A Figura 7 representa os diferentes fluxos de materiais e de informação. É perceptível a multiplicidade de combinações possíveis no que diz respeito ao fluxo de materiais. Quanto à zona de injeção recebe a sua matéria-prima (resina), que depois de ser transformada, pode seguir para a pintura, para a montagem final ou diretamente para o edifício 1.

Na pintura, tanto podem ser pintadas peças provenientes da injeção ou compradas a fornecedores. Estas peças pintadas, podem seguir para a montagem final ou diretamente para

o edifício 1. Por fim, os componentes utilizados na montagem final, podem ser comprados, apenas injetados ou injetados e posteriormente pintados.

No que diz respeito ao fluxo de informação, este segue a direção contrária ao fluxo de material. Assim as necessidades da pintura dependem do consumo da montagem final, e as necessidades desta, dependem do consumo do edifício 1. No entanto, o planeamento da zona de injeção, não é dado pelo consumo da pintura. Dados estes fluxos de materiais e de informação, percebe-se que existe um misto de produção puxada e de produção empurrada, no departamento de plásticos.

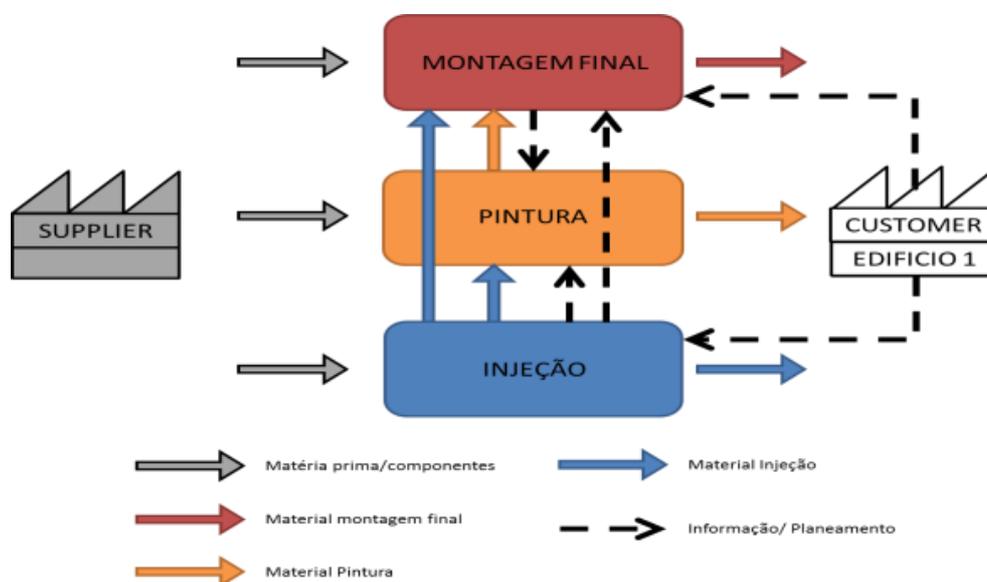


Figura 7 - Fluxos de materiais e informação

3.2.3 Planeamento e Programação da Produção

O planeamento das necessidades de produção da montagem final é efetuado pelo departamento de PC&L. Rege-se por duas regras, em primeiro lugar, as quantidades de produção são dadas em função das necessidades do edifício 1, ou seja, o consumo neste edifício “puxa” a produção do edifício 2. A segunda regra a ter em conta, diz respeito ao facto de existirem diferenças de *lead time* de um edifício para o outro. Assim, é necessário uma existência de 3 dias de *stock* entre edifícios, para evitar qualquer quebra de abastecimento.

Posto isto, o planeamento é ajustado diariamente, e permite uma visibilidade para as cinco semanas seguintes, ao dia em questão. Consoante as necessidades de produção estabelecidas

diariamente pelos planeadores, é necessário realizar a programação da produção. Esta tarefa cabe ao chefe de equipa da montagem final, de cada turno, e consiste em estabelecer a sequência de produção e a alocação de operadores a cada posto de trabalho.

Ao sequenciar a produção, os chefes de equipa tem por objetivo nivelar a mesma, isto é, garantir que em ambos os turnos são produzidos todos os produtos. Esta necessidade de nivelar a produção advém da política da Delphi, que prefere garantir a satisfação de todos os seus clientes em detrimento dos tempos perdidos com *change-overs*. A sequenciação da produção e a alocação dos operadores é influenciada por diversos fatores, tal como já referido, é necessário garantir o nivelamento, por outro lado é também necessário ter em atenção os tempos de *change-over*, a disponibilidade dos equipamentos, a existência dos materiais e as competências e experiência de cada operador.

4. DESCRIÇÃO DO SISTEMA PRODUTIVO

Neste capítulo descreve-se a situação atual do sistema produtivo no departamento de plásticos nas três áreas que o compõem: área de injeção, pintura e montagem final.

4.1 Área de injeção

Regra geral, é na área de injeção que se inicia o processo produtivo da área de plásticos. Através da moldação por injeção, obtêm-se peças plásticas utilizadas como componentes nos processos a jusante.

Esta secção é composta por 12 máquinas de injeção de diferentes tonelagens (força) e aproximadamente 120 moldes ativos (Figura 8).

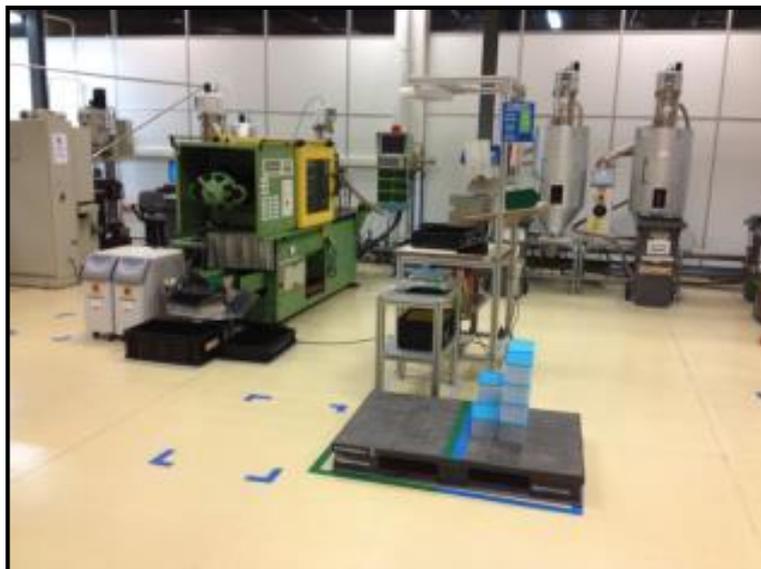


Figura 8 - Máquina de injeção e posto de embalagem

Existem dois tipos de colaboradores na secção de injeção, os primeiros têm como tarefa o embalagem, inspeção e alocação das peças, e também o abastecimento das máquinas com matéria-prima (resina). Os segundos, designados de afinadores, são responsáveis por efetuar os *change-overs* e prestar a assistência necessária às máquinas. Compreendida nesta secção, existe também uma serralharia, onde se realizam as manutenções, reparações e alterações aos moldes.

4.2 Área de pintura

Resumidamente, é na área de pintura que se pintam as peças provenientes da injeção, ou compradas a fornecedores. É importante referir que a pintura se divide em três zonas: *kitting* (carregamento de peças para pintar), pintura e inspeção de peças pintadas. Estas zonas são descritas nas secções seguintes.

4.2.1 Kitting

Na zona de carregamento (Figura 9) preparam-se as peças para serem pintadas. Estas são colocadas em jigs (designação atribuída internamente para suportes de peças), que são colocados em redes, que por sua vez são colocadas nos carros de pintura.



Figura 9 - Posto de carregamento

Nesta zona recorre-se fortemente a medidas de prevenção para evitar problemas de qualidade. Como exemplo, todos os jigs têm *poka-yokes*, para que não se montem peças trocadas na montagem final. Por outro lado, todas as peças são limpas com álcool e ar ionizado, para evitar defeitos de pintura, tais como, inclusões ou manchas, entre outros.

4.2.2 Pintura

Nesta área existem duas máquinas de pintura, que funcionam em paralelo, e quatro estufas responsáveis pela secagem das peças pintadas. Os operadores apenas têm de retirar as redes dos carros, limpar as mesmas e colocá-las no tapete da máquina (Figura 10).



Figura 10 - Área de entrada e saída de redes da máquina de pintura

Por fim, devem retirar as redes já pintadas e colocá-las noutra carro. Depois dos carros estarem prontos, são colocados nas estufas de aquecimento para que a tinta seque. Já depois de secas, as peças são levadas para a zona de inspeção de peças pintadas, ainda nos carros.

4.2.3 Inspeção

Nesta área de inspeção realiza-se a inspeção visual das peças pintadas, regra geral a inspeção é feita a 100% das peças (Figura 11).



Figura 11 - Posto de inspeção Visual - Pintura

A inspeção visual tem o intuito de detetar defeitos intrínsecos ao processo de pintura, por exemplo, inclusões, riscos, faltas de tinta, entre outros. Depois de inspeccionadas, as peças são colocadas num supermercado existente entre a secção de pintura e a de montagem final.

4.3 Área de Montagem Final

É da área de montagem final que provêm a maioria dos produtos acabados do departamento de plásticos. São eles: botões, lentes HUD (*head up display*) e blendas de autorrádios. Esta área é descrita com mais detalhe pois é nela que incide este projeto.

A área de montagem final labora em dois turnos de 450 minutos cada e conta com um total de 20 colaboradores. O output médio desta área é de 3000 blendas diárias, que correspondem a 12 produtos diferentes. A montagem final é composta por três zonas (Figura 12):

- 1) montagem manual de peças, onde existem 2 linhas de montagem, dois postos *stand alone* (designação interna atribuída a postos de trabalho manual operados por um único colaborador) e o posto de *greasing* (colocação de material lubrificante nas teclas);
- 2) trabalho realizado essencialmente por máquinas, conta com 6 máquinas, das quais 3 são de cravação a quente e 3 de gravação a laser e
- 3) inspeção de produtos acabados, onde existem 4 postos para inspeção de carácter estético e funcional das peças montadas.

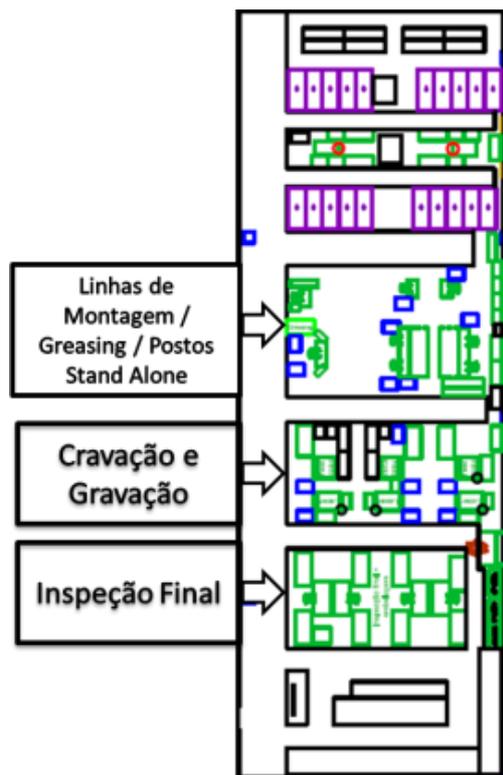


Figura 12 - Layout da montagem final

O funcionamento da área de montagem final é descrito a seguir com mais detalhe para que se evidencie melhor as oportunidades de melhoria durante a análise crítica.

4.3.1 Tarefas do operador PC&L

A área de produção do departamento de plásticos conta com um operador PC&L em cada um dos dois turnos. Este operador tem uma rota pré definida que abrange as áreas de injeção, montagem final e armazém. A área de pintura (carregamento, pintura e inspeção de pintura) conta com um operador próprio em cada turno, dedicado a realizar uma rota de transporte e abastecimento de materiais. Assim, o operador PC&L é responsável por realizar diversas tarefas, maioritariamente acíclicas, desde transportes, abastecimentos, alocação de materiais, entre outros. A dispersão das áreas que o operador PC&L tem de atender para realizar as suas tarefas estão apresentadas na Figura 13 - Dispersão de tarefas do operador PC&L (verde – Pouco frequente; amarelo – regularmente; vermelho – muito frequente)

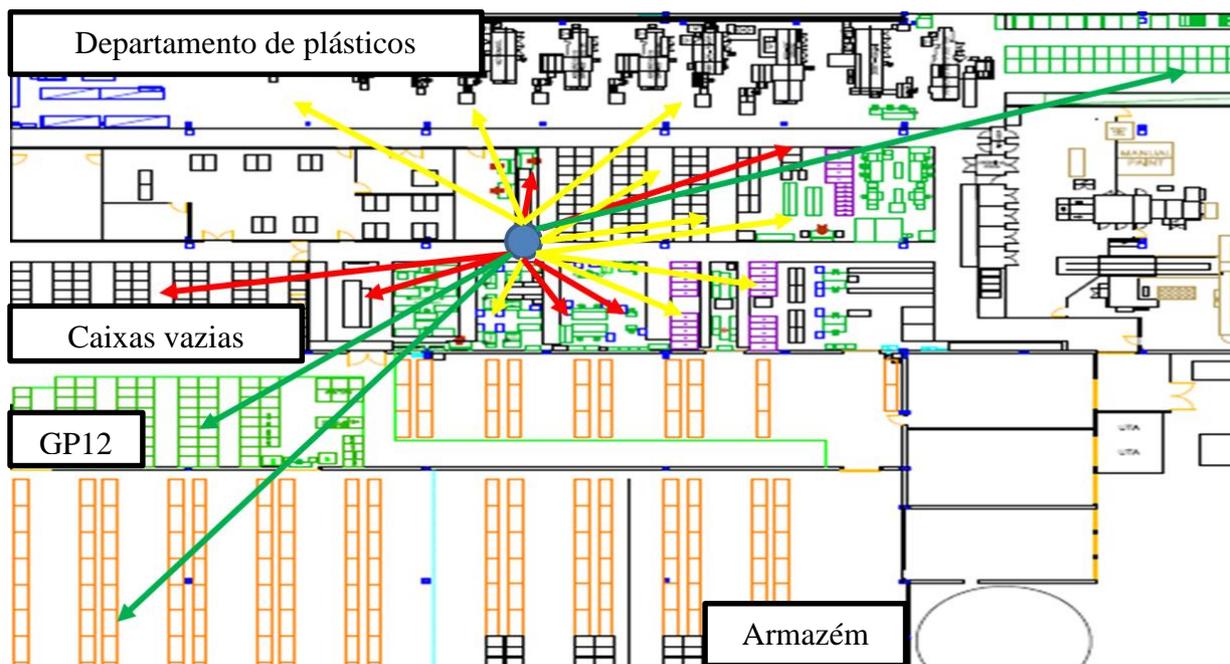


Figura 13 - Dispersão de tarefas do operador PC&L (verde – Pouco frequente; amarelo – regularmente; vermelho – muito frequente)

4.3.1.1 Deslocações ao Armazém

As deslocações do operador ao armazém têm um caráter acíclico, pois o operador PC&L deve dirigir-se ao armazém para recolher materiais comprados e, posteriormente, alocá-los na área de produção. Dado que a frequência de fornecimento de materiais comprados é variável, as deslocações do operador para recolher os mesmos segue a mesma variação. Não é viável que esta recolha seja cíclica, pois alguns materiais são imediatamente necessários quando chegam, devido a atrasos, assim sendo, o operador tem de se dirigir ao armazém com prontidão.

4.3.1.2 Abastecimento e despejo na área de injeção

O operador PC&L tem duas tarefas na área de injeção, abastecer caixas vazias e despejar contentores de resíduos. Dado que não existe uma integração do planeamento da produção com a rota, o abastecimento das caixas vazias também é feito de forma acíclica, pois o operador da rota não tem conhecimento das necessidades de caixas por parte da área de injeção. Assim sendo, o operador abastece a área de injeção quando é avisado da falta de caixas vazias. Quanto aos contentores de resíduos, o operador PC&L é responsável por despejá-los uma vez por turno a uma hora fixa.

4.3.1.3 Abastecimento e recolha de jigs na montagem final

Tal como na injeção, o operador abastece a área de montagem com tabuleiros vazios, sem conhecimento da quantidade necessária, ou seja, mais uma vez o operador depende do aviso da falta de tabuleiros. Outra tarefa diz respeito à recolha dos *jigs* de teclas vazios, que se encontram nas linhas de montagem, sendo o operador responsável por recolhê-los e colocá-los numa estante própria para o efeito. O abastecimento de materiais das linhas de montagem também é responsabilidade do operador PC&L. Neste caso também não existe uma sincronização entre os volumes de produção e as respetivas necessidade de materiais, assim, o sistema de abastecimento depende da experiência e do conhecimento do processo por parte do operador da rota.

4.3.1.4 Outras tarefas

O operador PC&L tem ainda outras tarefas que não dizem respeito à rota. O operador da manhã é responsável pela preparação do plano de produção diário, da montagem final e da pintura, sendo que deve alterar este plano consoante as faltas de material e outras condicionantes à produção. Este operador também tem de comparecer à reunião diária da produção 4 dias por semana, sendo que no quinto dia, esta reunião realiza-se no turno da tarde e conta com a presença do operador PC&L desse mesmo turno. No final do seu turno, o operador do segundo turno tem de fazer a contagem dos *jigs* do material inspecionado na área de pintura, para inserir esses dados no *software* de planeamento da área de pintura.

4.3.2 Supermercados

Existem três supermercados diferentes para abastecer a área de montagem final (Figura 14). O primeiro (Figura 14 - A) corresponde a material pintado, por norma teclas e *trimplates* que constituem as blendas. O abastecimento deste supermercado é planeado em função de dias de *stock* existentes no mesmo, isto é, um determinado produto pode ter até um máximo de 3,75 dias de *stock* alocados no supermercado. Quando a quantidade atinge 1,75 dias de existência, é lançado um sinal para que a referencia em questão seja carregada, para posteriormente ser pintada, inspeccionada e reposta no supermercado. Todo este processo tem um *lead-time* de 1 dia.

O segundo (Figura 14 – B) diz respeito a componentes plásticos que vêm diretamente da injeção, por exemplo, atuadores para teclas, guias de luz, entre outros. A reposição de

materiais nas prateleiras deste supermercado é planeada pelo departamento de PC&L. Todas as caixas existentes são acompanhadas pela respetiva ordem de produção que identifica o material em questão e a quantidade presente na caixa. Quando uma destas caixas é consumida, a ordem de produção anexa é recolhida pelo membro do PC&L afeto à área de plásticos, para que o planeador deste mesmo departamento possa efetuar o planeamento da secção de injeção e assim repor atempadamente os materiais em questão.

O terceiro supermercado (Figura 14 – C) existente contém peças compradas a fornecedores, como o caso de peças cromadas. O abastecimento deste supermercado também é responsabilidade do PC&L. Este departamento efetua as encomendas de materiais em função dos tempos de entrega do fornecedor e do volume de produção esperado.



Figura 14 - Supermercados: A - Peças Pintadas; B - Peças Injetadas; C - Peças Compradas

4.3.3 Linhas de Montagem

Existem duas linhas de montagem iguais na área de montagem final, cada uma destas com dois postos, que funcionam em sequência. É possível montar os mesmos produtos em ambas as linhas, garantindo flexibilidade ao processo.

Como é visível na Figura 15, as linhas de montagem de blendas estão equipadas com, rampas para abastecimento de teclas (em jigs), tabuleiros para colocação de componentes necessários à produção e outras rampas para colocação de jigs vazios. Cada posto da linha tem também uma estrutura onde se encaixam as bases de montagem de cada produto. Apesar das bases de montagem serem todas diferentes conforme os produtos, a estrutura de encaixe é flexível ao ponto de suportar qualquer base. Em cada um dos lados desta estrutura existe um orifício para colocação de *tupperwares* que contêm componentes. Por fim, entre os dois postos existe uma zona de *buffer* onde são colocadas as blendas em processo (máximo de 2 blendas).



Figura 15 - Linha 1 - Montagem final

O abastecimento das linhas de montagem (exceto o caso dos *trimplates*) é efetuado pelo corredor que se encontra por trás da linha. Os *jigs* de teclas são colocados em rampas compridas, isto porque não podem ser colocados em altura, tanto por considerações ergonómicas como por forma de prevenir a danificação de blendas. Todos os componentes que integram o produto são, regra geral, de pequenas dimensões, estando embalados em *tupperwares*, que por sua vez são colocados no tabuleiro do respetivo posto.

No caso específico dos *trimplates*, estes são abastecidos pelo lado do primeiro posto. Os *trimplates* encontram-se embalados em caixas grandes, como tal não é possível colocá-los nas rampas das linhas. Assim, existem carros de apoio às linhas próprios para colocar as caixas, que contêm os *trimplates*, ao lado do operador do primeiro posto. Quanto à saída das peças da linha, é efetuada pelo lado do segundo posto, onde existe uma rampa para colocação de tabuleiros, em lotes de 6, contendo cada tabuleiro 4 blendas.

O *change-over* das linhas de montagem final é feito pelos próprios operadores da linha. Assim, quando existe a necessidade de alterar o setup da linha, cabe aos operadores arrumar todo o material da produção anterior e recolher o material necessário à próxima produção nos respetivos supermercados. Para além dos materiais é também necessário efetuar a troca de bases de montagem, que se encontram numa estante próxima das linhas.

4.3.4 Postos Stand-Alone

Existem três postos *stand-alone* (Figura 16) na área de montagem final, estes são utilizados para produzir botões que são enviados para o edifício 1. Tal como nas linhas de montagem,

estes postos estão equipados com rampas para entrada e saída de jigs e tabuleiros para colocação de componentes que integram os botões. A particularidade destes postos passa pela presença de um dispositivo específico que permite produzir apenas um tipo de botão. Assim, não existe flexibilidade para produzir o mesmo produto em postos diferentes.

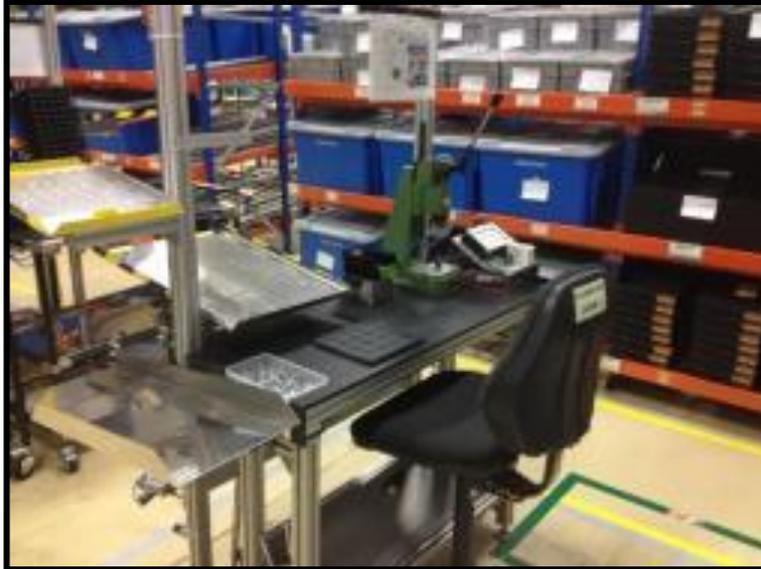


Figura 16 - Posto stand alone

O abastecimento destes postos, à semelhança das linhas de montagem é feito pelo corredor que se encontra atrás de cada posto. Sendo os jigs colocados em rampas e os componentes nos tabuleiros. Quanto à saída de material, é feita pelo lado do operador. Cada posto tem afeto um carro para colocação de caixas de tamanho médio, onde são embalados os botões produzidos.

Nestes três postos não existe a necessidade de efetuar *change-overs*, isto porque em cada posto se produz apenas um tipo de botão. Assim, a única necessidade deste posto é o abastecimento de materiais.

4.3.5 Greasing

O posto de *greasing*, conta com uma máquina responsável por colocar lubrificante nas cavidades das teclas, para que posteriormente estas não prendam. Este posto conta com a presença de um colaborador, que tem como tarefas inserir o *trimplate* na máquina e, enquanto esta coloca o lubrificante, colocar teclas e outros componentes em *trimplates* já lubrificados.

Como se pode ver na Figura 17, para além da máquina de *greasing* propriamente dita, este posto está equipado com uma bancada onde o operador efetua o trabalho manual. Esta

bancada tem espaço próprio para colocar os *jigs* e os restantes componentes necessários a cada produto.



Figura 17 - Posto de greasing

O abastecimento deste posto também é feito por trás da bancada, onde se colocam os *jigs* de teclas na rampa, que se encontra no centro, e os restantes componentes nos tabuleiros, que se encontram em cada lado da rampa. Os *trimplates* utilizados são abastecidos, em caixas grandes, pelo lado oposto à bancada, sendo colocados em carros de apoio próprios para o efeito. No que diz respeito à saída de material, realiza-se pelo lado do operador (lado oposto à máquina de *greasing*), onde existe um outro carro para colocar tabuleiros com as peças já processadas.

O processo de *change-over* no posto de *greasing* é feito pelo próprio operador, que tem por tarefas alterar o programa da máquina consoante o próximo produto, arrumar os materiais utilizados, e abastecer o posto com os materiais a utilizar.

4.3.6 Máquinas de Cravação e Gravação

Existem três máquinas de cada tipo, cravação e gravação, na área de montagem final, agrupadas duas a duas (Figura 18).



Figura 18 - A - Máquina Gravação; B - Máquina Cravação

Apesar de serem dois processos completamente distintos, são considerados como um único posto de trabalho, pois apenas requerem a presença de um colaborador para operar ambas as máquinas. A maioria dos produtos aqui processados seguem uma lógica de precedência, ou seja apenas são gravados depois de serem cravados. No entanto, existem produtos que não são cravados, mas apenas gravados e vice-versa. Quanto à possibilidade de processar todos os produtos em todas as máquinas, é algo que está a ser implementado, ou seja, no momento este processo não é completamente flexível.

O processo de cravação consiste no derretimento de pinos plásticos presentes no *trimplate*, com o objetivo de fixar os componentes ao mesmo. A gravação, passa por retirar tinta às teclas, através de um laser, com o propósito de efetuar algum tipo de gravação. Esta máquina tem a particularidade de ter uma base rotativa, isto é, enquanto uma peça está a ser gravada, o operador tem a possibilidade de preparar logo outra peça para gravar.

Na maioria dos produtos aqui processados, não há necessidade de montar componentes ou teclas, sendo que o abastecimento deste posto passa apenas por colocar tabuleiros com *trimplates*, provenientes da linha de montagem ou do *greasing*, numa rampa colocada ao lado da máquina de cravação. Quanto à saída dos produtos, realiza-se através de outra rampa existente ao lado da máquina de gravação, onde o operador coloca os *trimplates* em tabuleiros.

A preparação de ambas estas máquinas corresponde à troca das suas bases. No caso da máquina de cravação, é necessário retirar uma base inferior e uma base superior (Figura 19), e de seguida, alocá-las no respetivo carro, de seguida retira-se as bases a utilizar e colocam-se na máquina. Para que esta esteja pronta a trabalhar, é necessário aquecer a base superior até que esta atinja a temperatura indicada, em média 220 graus celsius. O aquecimento da base

superior apenas se inicia quando esta se encontra fixada na máquina, assim, o operador tem de esperar que esta aqueça para poder processar as próximas peças.

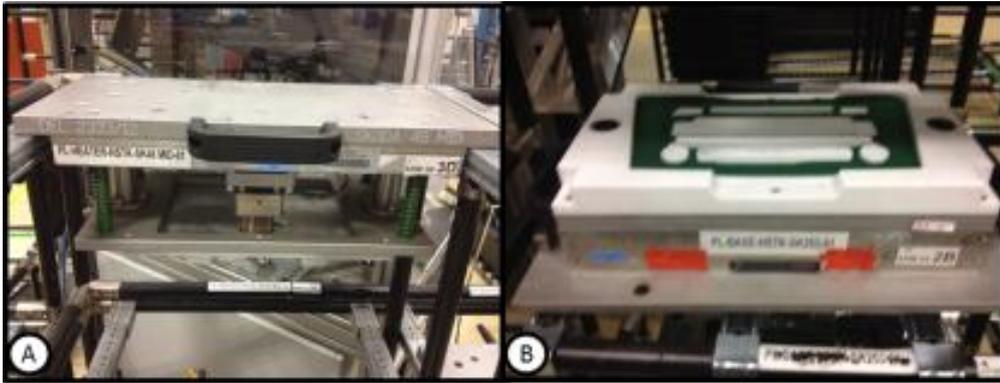


Figura 19 - A - Base de Cravação Superior; B - Base de Cravação Inferior

Quanto à máquina de gravação a laser, também requer a substituição de duas bases (uma para cada metade do prato rotativo), neste caso o operador também tem de retirar as bases e colocá-las numa estante, e de seguida colocar as bases necessárias à próxima produção na máquina. No caso da gravação a laser, não é preciso aquecer as bases, sendo apenas necessário alterar os parâmetros do *software* de gravação. Esta alteração dos parâmetros acontece automaticamente, aquando a leitura da etiqueta da primeira peça a produzir. É importante ter em conta que estas duas máquinas trabalham muitas vezes em sequência, o que implica que o *change-over* deste posto, corresponde a substituir as bases de ambas as máquinas em simultâneo.

4.3.7 Inspeção Final

A montagem final conta com quatro postos de inspeção final onde se podem inspecionar todos os tipos de blindas produzidas (Figura 20). Este processo consiste na realização de uma inspeção visual subjetiva por parte do colaborador, suportada por dispositivos de inspeção específicos para cada produto.



Figura 20 - Posto de Inspeção Visual - Montagem Final

No que diz respeito ao abastecimento, apenas é necessário colocar as blendas, provenientes dos postos de cravação e gravação, na rampa que se encontra ao lado do posto de inspeção. Por fim o colaborador embala os produtos, que são posteriormente alocados em armazém pelo operador PC&L afeto à área de plásticos.

O *change-over* dos postos de inspeção final implica apenas a alteração dos dispositivos de inspeção. Assim, o operador apenas deve colocar o dispositivo usado na respetiva estante, e retirar da mesma o dispositivo a utilizar.

5. ANÁLISE CRÍTICA

Neste capítulo faz-se uma análise crítica à situação atual do sistema de produção no departamento de plásticos. Nesta análise identificaram-se problemas no supermercado de peças pintadas, na linha de montagem final e nas máquinas de cravação e gravação.

5.1 Falhas no supermercado de peças pintadas

Respeitando o fluxo dos materiais na montagem final, o primeiro aspeto a ter em conta diz respeito à reposição do supermercado de peças pintadas. Este supermercado tem um nível de *stock* máximo de 3 dias, que é consumido consoante as necessidades planeadas na MF. O valor estabelecido de 3 dias de *stock* tem a ver com a existência de ciclos de pintura, que correspondem a pintar todas as peças que são posteriormente processadas na MF.

Cada ciclo de pintura tem uma duração aproximada de 2.5 dias, ou seja, em condições normais, depois de pintar um determinado produto, este só voltará a ser pintado 2.5 dias depois. Ao tempo estimado de cada ciclo de pintura, adiciona-se 0.5 dias como fator de segurança para prevenir qualquer imprevisto, como, por exemplo, a avaria de uma máquina, a falta de material (tinta ou diluente) ou até a pintura de peças não planeadas, como peças para novos projetos. Assim, obtêm-se os 3 dias de *stock* já mencionados.

Tendo em conta a existência de flutuações no consumo de peças do supermercado, resultantes de faltas de material na MF, variações nas necessidades planeadas na MF, ou mesmo de problemas com a qualidade das peças pintadas, existe um sistema de *trigger* no supermercado de peças pintadas.

Este sistema consiste em emitir a ordem de produção de um determinado produto quando este atinge um nível de *stock* correspondente ao *trigger*. Assim, quando as existências de um determinado produto no supermercado, atingem 1.5 dias de *stock*, é lançado o *trigger* que indica a necessidade de carregar as peças em questão. O *lead time* que corresponde ao carregamento, pintura e inspeção de uma determinada peça, é de 1 dia, ou seja, espera-se que depois de identificado o *trigger*, o supermercado de peças pintadas esteja repostado ao fim de um dia.

O funcionamento deste *trigger* apresenta algumas incongruências, pois este não é realmente lançado quando o nível de *stock* de determinada peça atinge 1.5 dias. Dado que a contagem de

peças existentes no supermercado apenas é feita no final de cada dia, só é possível identificar o *trigger* no início do dia seguinte, pois só nessa altura é que é lançado o plano de produção de pintura para o respetivo dia, consoante a contagem de existências feita no dia anterior. Assim, a título de exemplo, se o *trigger* for lançado pouco depois do lançamento do plano diário, só será realmente identificado no início do dia seguinte. Dado que foi lançado com 1.5 dias de *stock*, no dia seguinte, quando for efetivamente identificado, apenas restarão 0.5 dias de *stock*, no entanto, o lead time da pintura de peças é de 1 dia, ou seja, o sistema entra em falha até um máximo de 0.5 dias de *stock*. A Figura 21 representa a situação acima descrita.

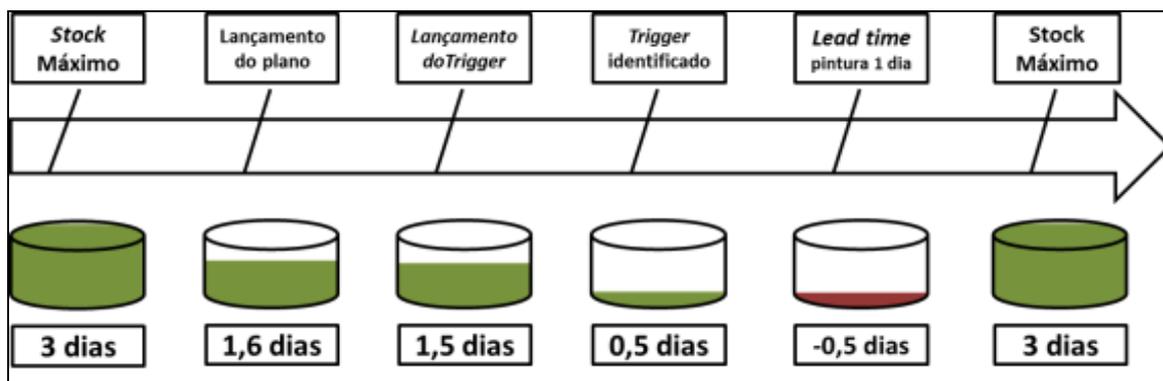


Figura 21 - Evolução do stock no supermercado de pintura

Para além do problema acima apresentado, existe outra lacuna no sistema de planeamento de produção na área de pintura, este também diretamente ligado à área de montagem final. Quando por algum motivo é necessário alterar o programa de produção da MF, previsto para um dado dia, corre-se o risco de criar uma falha no planeamento de peças a carregar para a pintura, pois este planeamento é feito tendo em conta apenas a quantidade de peças que existem no supermercado, desprezando as necessidades planeadas para os dias posteriores. Assim, se por algum motivo a produção for adiantada em relação ao plano diário, corre-se o risco de se emitir o *trigger*, lançando uma ordem de produção cuja necessidade não é efetivamente real.

A título de exemplo, no caso de haver falta de um dado componente, e assim não ser possível realizar a produção de um determinado produto, a solução para prevenir este atraso é produzir mais do que o planeado de outro produto, para assim, posteriormente, recuperar o atraso causado pela falta do respetivo componente. Assim, produzindo uma quantidade superior de um produto, o plano de pintura emitirá ordem para o carregamento de mais peças do que o que é realmente necessário e mais cedo do que é necessário, ocupando assim a capacidade dos

recursos da área de pintura, podendo provocar atrasos no processo de pintura de outros componentes e aumentando o nível de inventário existente, sem que seja realmente necessário.

As Tabela 1 e Tabela 2, abaixo apresentadas, são um exemplo do resultado desta prática, comparando os níveis médios de *stock* para a situação em que não se considera a procura futura (Tabela 1) e para a situação em que a procura é considerada (Tabela 2). Considera-se um Lead Time de 1 período.

Na Tabela 1 o *trigger* é ativo logo que o nível de *stock* atinja 100 ou menos unidades. Pela análise da Tabela verifica-se que o *trigger* é ativo no segundo período, abastecendo assim no terceiro. Apenas existe consumo de materiais no nono período, resultando num nível de *stock* médio no final de cada período de 240 unidades.

Tabela 1 - Evolução do nível de stock (exemplo 1)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Média |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|
| Nível de <i>stock</i> inicial | 300 | 200 | 100 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 150 | 255 |
| Procura | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 150 | 0 | |
| Consumo | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 150 | 0 | |
| Nível de <i>stock</i> final | 200 | 100 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 150 | 150 | 240 |
| <i>Trigger</i> | Não | Sim | Não | |
| Reposição de <i>stock</i> | | 0 | 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

Na Tabela 2 o *trigger* depende de duas condições, o nível de *stock* (100 ou menos unidades) e a procura futura. Assim, apesar de o *stock* atingir 100 unidades no segundo período, o *trigger* apenas é lançado no oitavo (lead time de 1 período), pois só serão consumidos materiais no nono período.

Tabela 2 - Evolução do nível de stock (exemplo 2)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Média |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|
| Nível de <i>stock</i> inicial | 300 | 200 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 300 | 150 | 155 |
| Procura | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 150 | 0 | |
| Consumo | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 150 | 0 | |
| Nível de <i>stock</i> final | 200 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 300 | 150 | 150 | 140 |
| <i>Trigger</i> | Não | Não | Não | Não | Não | Não | Sim | Não | Não | Não | |
| Reposição de <i>stock</i> | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 200 | 0 | 0 | |

Pela comparação dos resultados apresentados nas Tabelas, verifica-se uma redução do nível médio de *stock* inicial e final (no exemplo, 39% e 42%, respetivamente). No entanto, esta redução não representa a realidade, pois esta depende das quantidades em *stock*, da quantidade definida para o *trigger* e do número de períodos em que não existe consumo.

5.2 Problemas nas Linha de Montagem Final

Apesar das linhas de montagem final (LMF) serem completamente flexíveis, isto é, ser possível produzir qualquer produto em qualquer uma das duas linhas, existe a tendência para afetar determinados produtos a cada linha. Assim, na linha 1 são montadas blindas relativas aos projetos Skoda e Volvo Renault enquanto na linha 2 são montadas as blindas relativas aos projetos Volkswagen e Fiat.

As LMF apresentam uma ocupação média diária de 60% e 90% na linha 1 e 2, respetivamente. Estes valores de ocupação das linhas dependem obviamente dos volumes de produção, no entanto, também são influenciados pelas ineficiências do processo, isto é, os valores de ocupação das linhas de montagem são inflacionados pelo conjunto de desperdícios que se encontram no processo. Estas ineficiências estão essencialmente associadas ao abastecimento e ao *change-over* das LMF e são analisadas nas secções seguintes

5.2.1 Não cumprimento do standard de abastecimento e perdas para auto abastecimento

A responsabilidade do abastecimento das LMF cabe ao operador PC&L, afeto à área de plásticos. Apesar de ser uma tarefa documentada, e fazer parte do *standard* deste operador, esta não é respeitada. Existem duas razões para que tal aconteça, por um lado, o facto de a rota estabelecida para o operador PC&L estar desatualizada, sendo que este tem mais tarefas do que as que estão definidas no seu *standard*, o que resulta na falta de tempo para realizar todas as tarefas que lhe foram atribuídas, inclusive o abastecimento das LMF.

Por outro lado, a rota efetuada pelo operador não é cíclica, ou seja, este não abastece as linhas com uma frequência constante. O abastecimento da linha é efetuado pelo operador PC&L apenas quando este se dirige à linha, ou quando é solicitado pelos operadores da mesma, sendo que o operador da rota nem sempre está disponível para aceder à solicitação dos operadores. Para além de não abastecer a linha com uma frequência constante, o operador

PC&L não é responsável pelo transporte do output das linhas de montagem para os postos de cravação, cabendo esta tarefa às próprias operadores da linha de montagem final.

Posto isto, é perceptível que as operadores se veem obrigadas a auto abastecerem as suas linhas para evitarem que esta pare, e conseqüentemente todos os processos a jusante. Estas práticas refletem a existência de desperdícios, essencialmente movimentações e transportes.

De maneira a quantificar o tempo perdido pelas operadoras com o auto abastecimento das suas linhas, observou-se a produção dos 2 turnos durante 5 dias e quantificou-se o tempo de cada paragem. O tempo médio por paragem foi de 60 segundos. A Tabela 3 apresenta o número de paragens por turno a cada dia em ambas as LMF.

Tabela 3 - Paragens para auto abastecimento p/ turno

| | Turno 1 | Turno 2 | Total diário |
|-------|---------|---------|--------------|
| Dia 1 | 15 | 17 | 32 |
| Dia 2 | 14 | 16 | 30 |
| Dia 3 | 14 | 15 | 29 |
| Dia 4 | 15 | 14 | 29 |
| Dia 5 | 13 | 15 | 28 |
| Média | 14.2 | 15.4 | 29.6 |

Segundo a Delphi, o custo estimado para um operador da montagem final é de 0.36€ por minuto. Atendendo a este valor calcularam-se as perdas diárias associadas ao auto abastecimento (Tabela 4).

Tabela 4 - Perdas diárias associadas ao auto abastecimento

| | |
|---|-------|
| Nº médio de paragens p/ dia | 29.6 |
| Tempo médio p/paragem (seg) | 60 |
| Tempo perdido p/ dia (horas) (2 operadores) | 0.99 |
| Custo p/operador (€/min) | 0.36 |
| Custo p/ dia (€) (2 operadores) | 21.31 |

Pela análise da Tabela conclui-se que, em média, no conjunto das duas linhas de montagem final, os operadores param cerca de 1 hora por dia. Dado que as LMF são operadas por duas

pessoas, a paragem de uma delas implica a paragem da outra. Assim, o custo associado a esta paragem é atribuído aos dois operadores, perfazendo um total de 21.31€.

5.2.2 Elevados tempos de transporte das linhas para as máquinas de cravação

No que diz respeito ao transporte de produtos entre a linha de montagem final e a cravação, como já referido, este é efetuado pelos próprios operadores da linha. A quantidade de transportes efetuados por produção é igual à quantidade de lotes produzidos, dado que o operador do segundo posto para a produção para transportar o material em processo a cada lote é de 6 tabuleiros. Isto acontece porque os operadores têm apenas um carro (Figura 22) ao lado da linha de montagem final, onde colocam as blendas montadas, até terem 1 lote.



Figura 22 - Carro para colocação do output das LMF

Segundo a Delphi, cada passo de um operador que transporta cargas, corresponde a 1.2 segundos, enquanto cada passo de um operador sem carga corresponde a 0.6 segundos.

Sendo a distância média de ida e volta, entre as LMF e os postos de cravação, de 22 passos, conclui-se que um operador demora 19.8 segundos, em média, a cada transporte. Utilizando os dados de produção diária total (ver anexo I), obtém-se os valores apresentados na Tabela 5, que estimam uma perda diária de 1.47 horas, que correspondem a 31.8€ em pessoas.

Tabela 5 - Perdas diárias associadas a transportes

| | |
|--|------|
| Volume de produção diário (Lotes) | 134 |
| Tempo p/ passo (com carga) (seg) | 1.2 |
| Tempo p/ passo (sem carga) (seg) | 0.6 |
| Distancia total (passos) | 22 |
| Tempo perdido p/dia (horas) (2 operadores) | 1.47 |
| Custo p/operador (€/min) | 0.36 |
| Custo diário (€) (2 operadores) | 31.8 |

5.2.3 Elevados tempos e falta do standard no Change Over

O *Change Over* das LMF está a cargo das próprias operadores, tendo estas que arrumar todo o material presente na linha, no fim de cada produção, e posteriormente, recolher todo o material necessário para a produção seguinte. Na Figura 23 é possível ver os locais onde os operadores arrumam ou recolhem os materiais necessários no C/O.

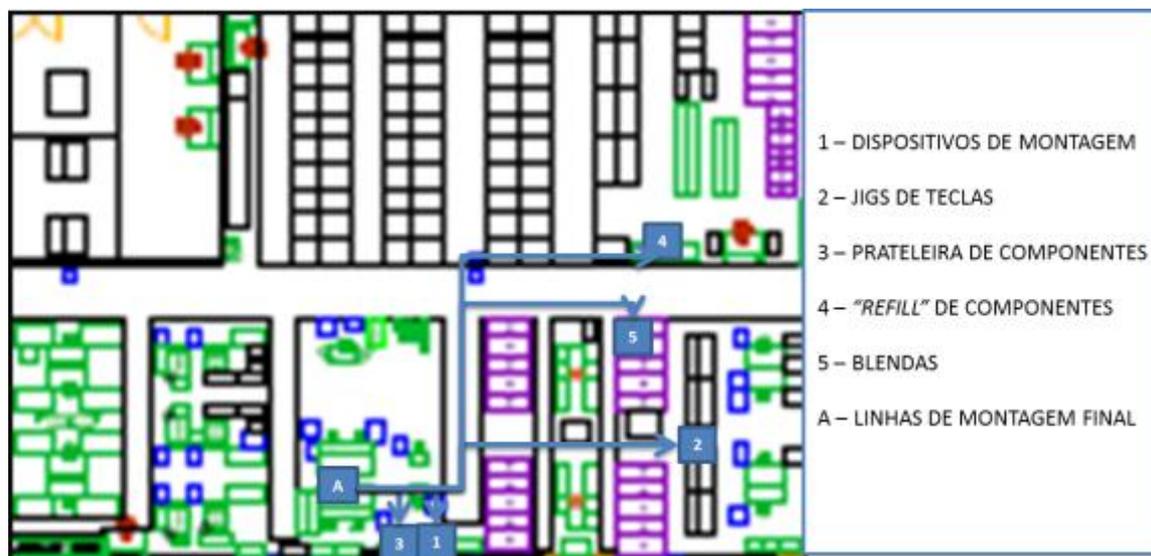


Figura 23 - Locais a atender para realização do C/O

Pela análise da figura acima, é possível entender a dispersão dos locais onde os materiais estão armazenados, e conseqüentemente as distâncias a percorrer pelos operadores para realizar o *change over*.

Dado que o processo de *change over* das LMF não se encontra *standardizado*, não é possível definir as tarefas que o constituem e quantificar o tempo que cada uma destas demora. Outro aspeto que dificulta a definição destas tarefas, é o facto de o *change over* ser feito por ambos os operadores da linha, que o realizam de forma aleatória, não tendo tarefas específicas para cada uma. Desta forma, recolheu-se apenas o tempo total utilizado para realizar os *change*

over's das diferentes linhas (anexo II). Pela análise da Tabela 6, podemos concluir uma perda total de cerca de 2.3 horas por dia. Esta perda de tempo em C/O's traduz-se num total de 63.3€ (Tabela 6).

Tabela 6- Perdas diárias associadas aos C/O das LMF

| Linha | Tempo médio p/ C/O (min) | Nº médio diário C/O | Nº Pessoas utilizadas C/O | Tempo.Pessoa (horas) | Custo pessoa p/min (€) | Custo pessoa em C/O (€) |
|----------|--------------------------|---------------------|---------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|
| Greasing | 7.7 | 2 | 1 | 0.26 | 0,36 | 5.5 |
| LMF1 | 12.8 | 4 | 2 | 1.71 | | 36.9 |
| LMF2 | 14.5 | 2 | 2 | 0.97 | | 20.9 |
| Total | | 8 | | 2.3 | | 63.3 |

5.3 Problemas nas máquinas de Cravação e Gravação

Os produtos que chegam à área de cravação e gravação são sujeitos a um de três fluxos, podem ser apenas cravados, apenas gravados ou primeiro cravados e logo de seguida gravados. A maioria dos produtos são sujeitos ao terceiro caso referido, ou seja, são cravados e depois gravados. Nos casos em que apenas passam por um dos dois processos, é normal que uma máquina não seja utilizada, isto porque, as duas máquinas são operadas apenas por um colaborador. Assim, os tempos de ciclo entre produtos que apenas requerem um processo são díspares, sendo difícil ter dois produtos diferentes, um em cada máquina, e manter o fluxo contínuo da produção.

Posto isto, a análise destes postos de trabalho é feita considerando cada par, máquina de cravação e máquina de gravação, um todo, assumindo que a ocupação de uma das máquinas implica a ocupação das duas. Tal como na secção anterior, detetaram-se problemas relacionados com o transporte do output e o change over.

5.3.1 Elevado tempo de transporte para as rampas de inspeção visual

Tal como acontece nas linhas de montagem final, é o próprio operador que é responsável por transportar as peças por ele processadas nas máquinas de cravação e gravação. Mais uma vez, à semelhança da linha de montagem final, o operador conta apenas com um carro com capacidade para 6 tabuleiros, sendo que ao fim de acumular estes 6 tabuleiros, deve transportá-los para as rampas de inspeção visual.

Considerando a distância média, de ida e volta, entre a área de cravação/gravação e as rampas de inspeção visual, de 20 passos, obtém-se os dados apresentados na Tabela 7. A perda de

tempo diária com transporte de materiais na zona de cravação e gravação é de cerca de 40 min, ou seja, 14.5€ em operadores.

Tabela 7 - Perdas diárias associadas a transportes

| | |
|-----------------------------------|------|
| Volume de produção diário (Lotes) | 134 |
| Tempo p/ passo (com carga) | 1.2 |
| Tempo p/ passo (sem carga) | 0.6 |
| Distancia total (passos) | 20 |
| Tempo perdido p/lote (seg) | 18 |
| Tempo perdido p/ dia (horas) | 0.67 |
| Custo p/ operador (€/min) | 0.36 |
| Custo diário c/ transportes (€) | 14.5 |

5.3.2 Elevados tempos de Change Over

A maior fonte de desperdícios na área de cravação e gravação diz respeito aos tempos de *change over* das máquinas de cravação a quente. É importante referir que são realizados em média 10 C/O's por dia nesta área. Existem mais C/O's na área de cravação e gravação do que nas LMF visto que existem referências que exigem ser cravadas duas vezes, utilizando bases diferentes e existem produtos que saltam o processo das LMF, ou sejam, são pintados e logo depois cravados e gravados.

Listaram-se todas as tarefas realizadas durante a preparação do *setup* de cravação e contabilizou-se o tempo gasto em cada uma destas (ver anexo III). Pela análise da Figura 24 é perceptível que a tarefa mais demorada é o aquecimento da base superior de cravação, que ocupa cerca de 73% do tempo total do C/O. Por outro lado, é de notar a percentagem de, aproximadamente, 25% ocupada por tarefas que dizem respeito ao manuseio e transporte das bases. Estas tarefas ocupam este tempo pois as bases são transportadas a peso pelos operadores e implicam várias viagens, dado que os operadores apenas conseguem carregar uma base de cada vez.

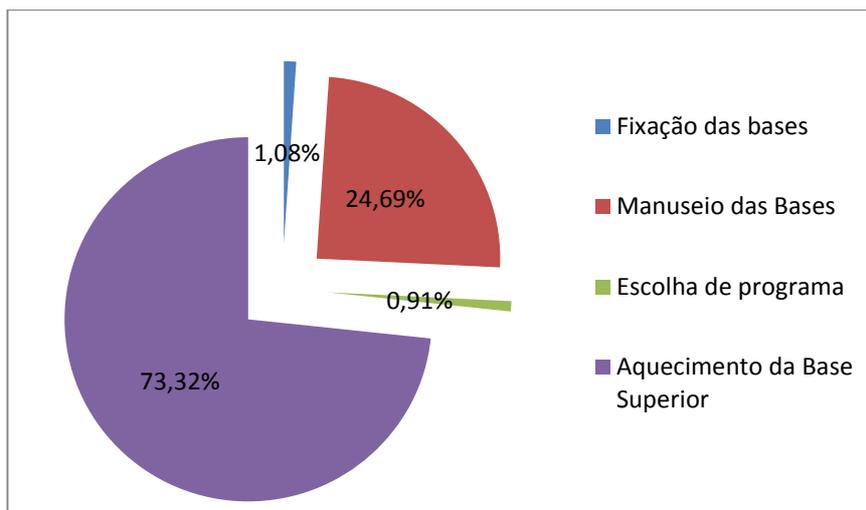


Figura 24 - Tarefas do C/O vs Tempo Total de C/O

A Tabela 8 apresenta o resumo do tempo gasto diariamente com C/O's.

Tabela 8 - Tarefas externas vs tarefas internas

| Tipo de tarefa | Tempo (min) | Quantidade de C/O | Tempo total perdido (horas) |
|----------------|-------------|-------------------|-----------------------------|
| Externas | 0 | | 0 |
| Internas | 11.8 | 10 | 1.97 |
| Total | 11.8 | | 1.97 |

Como é possível ver na Tabela acima, não existe nenhuma tarefa externa, ou seja, nenhuma das tarefas realizadas no processo de C/O pode ser realizada enquanto a máquina está a produzir. Isto deve-se ao facto de a máquina ter tempos de ciclo relativamente baixos e ser operada por apenas uma pessoa, não existindo mais nenhum operador que possa realizar qualquer tarefa no seu lugar. Por outro lado, os elevados tempos de *change over* das máquinas de cravação implicam que as máquinas de laser, que apresentam tempos de *change over* reduzidos, se encontrem muitas vezes à espera.

Dado que ambas as máquinas são operadas por apenas um colaborador, não é possível efetuar o C/O das mesmas em simultâneo. Assim, a máquina de gravação a laser tem de ficar em espera durante o tempo de mudança de *setup* da máquina de cravação a quente, aproximadamente 12 minutos.

A Figura 25 mostra os diferentes tempos totais de utilização dos três pares de máquina, cravação/gravação, ao longo do dia.

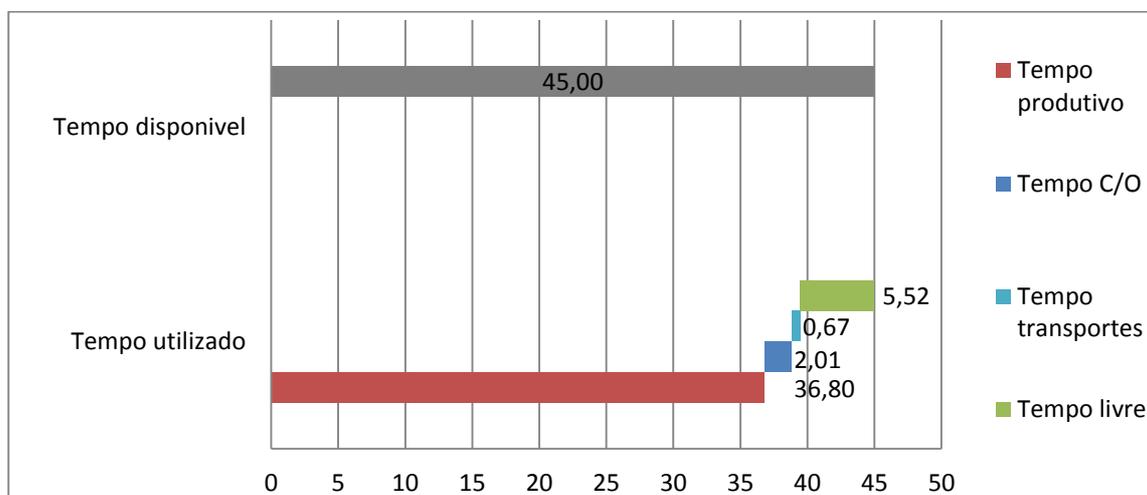


Figura 25 - Utilização das máquinas de cravação e gravação (horas)

Pela análise dos dados apresentados na figura, percebe-se que se desperdiçam cerca de 2.6 horas por dia, com *change overs* de máquinas e transportes de materiais em processo. Dadas as tarifas atribuídas aos operadores da montagem final, às máquinas de *heat stake* e às máquinas de *laser*, 0.36€, 0.05€ e 0.06€, respetivamente, elaborou-se a Tabela 9, apresentada abaixo. Esta Tabela tem por objetivo segmentar os custos, de pessoas e máquinas, consoante as tarefas realizadas ao longo do dia na área de cravação e gravação.

Tabela 9 - Resumo das perdas diárias associadas às máquinas de cravação e gravação

| | Custo p/hora (€) | Tempo produtivo | Tempo C/O | Tempo transportes | Tempo livre |
|---------------|------------------|-----------------|-----------|-------------------|-------------|
| Tempo (Horas) | | 36.80 | 2.01 | 0.67 | 5.52 |
| Pessoa | 21.6 | N/A | 43.42 € | 14.47 € | N/A |
| Heat stake | 3 | | 6.03 € | <u>2.01 €</u> | |
| Laser | 3.6 | | 7.24 € | <u>2.41 €</u> | |
| Total | | | 56.7 € | 18.89€ | |

Pela análise da Tabela 9, conclui-se que na área de cravação e gravação, se gastam em média 75.6€ por dia em tarefas sem valor acrescentado associadas a transportes e C/O's. De notar também os valores sublinhados, que na realidade correspondem ao custo de ter as máquinas de cravação e de gravação em espera, enquanto os operadores realizam transportes de materiais, respetivamente 2.01€ e 2.41€ diários.

6. APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIAS

Este capítulo apresenta as propostas de melhoria aos problemas identificados na análise crítica realizada no capítulo anterior. Estas propostas prendem-se essencialmente com a melhoria dos problemas identificados no supermercado de peças pintadas e no abastecimento de linhas de montagem final.

6.1 Ferramenta de gestão de material no supermercado

Tal como referido no capítulo anterior, a ordem de abastecimento do supermercado de peças pintadas é regida por um *trigger*. Quando o nível de stock existente no supermercado atinge 1.5 dias, é lançada a ordem de produção. Após o lançamento da ordem de produção, espera-se que as peças estejam disponíveis no supermercado ao fim de um dia.

Este sistema de planeamento apresenta falhas, tais como, não ter em conta os volumes de produção dos períodos seguintes, acumulando assim inventário de materiais pintados. Outra falha do sistema diz respeito ao seu *trigger* que não funciona corretamente, levando por vezes a quebras de *stock*.

De forma a garantir um sistema de planeamento mais fiável, criou-se um *software* de planeamento através do *Visual Basic for Applications* (VBA), no Microsoft Excel. Esta ferramenta foi criada com o intuito de inverter as falhas do sistema de planeamento existente, isto é, garantir um *trigger* funcional, e ter em conta as necessidades previstas de material, para assim evitar *stock* desnecessário. Para além de corrigir estas duas falhas, a ferramenta permite atualizar as existências de materiais no supermercado ao longo do dia de produção.

A Figura 26 mostra a primeira opção dada pelo ficheiro criado que consiste em controlar as existências de material pintado no supermercado. O operador pode indicar o consumo ou a reposição de material no supermercado, e posteriormente ver os níveis de stock de cada produto. De forma a facilitar o controlo das existências, coloca-se a coluna “QTD (TORRES)” que permite ao operador comparar visualmente o nível de stock (dado que os jigs são armazenados em torres de 12 unidades) e os dados do ficheiro.

| Consumir | | | Abastecer | | |
|----------|-----------------|------------|--------------|------------|-------------------|
| PRODUTO | TIPO | QTD (JIGS) | QTD (TORRES) | BLENDA/JIG | BLENDAS RESTANTES |
| CA1 | TRIMPLATE/COVER | 1548 | | 1 | 1548 |
| CA3 | TECLAS/BOTAO | 380 | 31,7 | 4 | 1520 |
| CA4 | TECLAS/BOTAO | 398 | 33,2 | 4 | 1592 |
| DA1 | TRIMPLATE/COVER | 150 | | 1 | 150 |
| DA2 | TECLAS/BOTAO | 108 | 9,0 | 6 | 648 |
| DA3 | TECLAS/BOTAO | 114 | 9,5 | 8 | 912 |
| DA4 | TECLAS/BOTAO | 112 | 9,3 | 12 | 1344 |
| DB1 | TRIMPLATE/COVER | 104 | | 1 | 104 |
| GA1 | TRIMPLATE/COVER | 118 | | 1 | 118 |
| GA2 | TECLAS/BOTAO | 42 | 3,5 | 20 | 840 |
| GA3 | TECLAS/BOTAO | 118 | 9,8 | 7 | 826 |
| GB1 | TRIMPLATE/COVER | 122 | | 1 | 122 |
| HA1 | TRIMPLATE/COVER | 146 | | 1 | 146 |
| HA2 | TECLAS/BOTAO | 140 | 11,7 | 1 | 140 |
| HA3 | TECLAS/BOTAO | 147 | 12,3 | 1 | 147 |
| HA4 | TECLAS/BOTAO | 132 | 11,0 | 3 | 396 |
| HB1 | TECLAS/BOTAO | 118 | 9,8 | 9 | 1062 |
| HB2 | TECLAS/BOTAO | 108 | 9,0 | 2 | 216 |

Figura 26 - Controlo de existências no supermercado de peças pintadas

Depois de garantir que as existências no supermercado estão corretas o operador PC&L, o Chefe de equipa e o responsável da área de pintura podem ter acesso à previsão do consumo de peças pintadas e ao respetivo planeamento.

O interface visível na Figura 27 permite ao utilizador do ficheiro seleccionar os produtos que pretende consultar, de forma a obter um planeamento das necessidades.

| Projecto | PN Prod Acabado | |
|----------|-----------------|--|
| VW LOW | 000028419479 | <input checked="" type="checkbox"/> VW LOW |
| SK25 | 000028390531 | <input checked="" type="checkbox"/> SK 25 |
| SK 253 | 000028454466 | <input type="checkbox"/> SK 253 |
| HUD | 000028347942 | <input type="checkbox"/> HUD |
| VW MID | 000028419475 | <input type="checkbox"/> VW MID |
| TEA2+ | 000028307677 | <input type="checkbox"/> TEA2+ |
| REN GLAD | 000028353344 | <input type="checkbox"/> REN GLAD |
| B420 | 000028355628 | <input type="checkbox"/> B420 |
| SK35 LOW | 000028369051 | <input type="checkbox"/> SK 35 LOW |
| SK35/46 | 000028369092 | <input type="checkbox"/> SK 35/46 |
| SK35 MID | 000028369070 | <input type="checkbox"/> SK 35 MID |
| SK46 LOW | 000028369077 | <input type="checkbox"/> SK 46 LOW |
| SK46 MID | 000028390526 | <input type="checkbox"/> SK 46 MID |
| PSA | 000028404292 | <input type="checkbox"/> PSA |

Figura 27 - Escolha de produtos a planear

A opção de planeamento, apresentada na Figura 28 oferece uma previsão da evolução dos *stocks* de peças pintadas, indicando também os períodos em que devem ser emitidas ordens de produção. De referir que este planeamento tem em conta as previsões futuras, de forma a não acumular *stock* desnecessário.

| Apagar | | | | Planeamento | | | | | |
|-----------------------|-----|-------|--------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| CA1 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Necessidades (Unid.) | 0,0 | 343,0 | 1064,0 | 1063,0 | 1065,0 | 1063,0 | 971,0 | 971,0 | 971,0 |
| Necessidades (Carros) | 0,0 | 2,7 | 8,3 | 8,3 | 8,3 | 8,3 | 7,6 | 7,6 | 7,6 |
| Existencias (Unid.) | | | 1548,0 | 2128,0 | 1065,0 | 2034,0 | 971,0 | 1942,0 | 1943,0 |
| Existencias (Torres) | | | | | | | | | |
| Trigger | | | 2081,0 | 2035,0 | 1988,0 | 1942,5 | 1943,0 | 1943,5 | 1944,0 |
| Ordem (Unid.) | | | 1987,0 | 0,0 | 2034,0 | 0,0 | 1942,0 | 972,0 | 972,0 |
| Ordem (Carros) | | | 15,5 | 0,0 | 15,9 | 0,0 | 15,2 | 7,6 | 7,6 |
| | | | | | | | | | |
| CA3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Necessidades (Unid.) | 0,0 | 343,0 | 1064,0 | 1063,0 | 1065,0 | 1063,0 | 971,0 | 971,0 | 971,0 |
| Necessidades (Carros) | 0,0 | 0,6 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,7 | 1,7 | 1,7 |
| Existencias (Unid.) | | | 1520,0 | 2128,0 | 1065,0 | 2034,0 | 971,0 | 1942,0 | 2123,0 |
| Existencias (Torres) | | | 31,7 | 44,3 | 22,2 | 42,4 | 20,2 | 40,5 | 44,2 |
| Trigger | | | 2081,0 | 2035,0 | 1988,0 | 1942,5 | 1943,0 | 1943,5 | 1944,0 |
| Ordem (Unid.) | | | 2015,0 | 0,0 | 2034,0 | 0,0 | 1942,0 | 1152,0 | 0,0 |
| Ordem (Carros) | | | 3,5 | 0,0 | 3,5 | 0,0 | 3,4 | 2,0 | 0,0 |
| | | | | | | | | | |
| CA4 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Necessidades (Unid.) | 0,0 | 343,0 | 1064,0 | 1063,0 | 1065,0 | 1063,0 | 971,0 | 971,0 | 971,0 |

Figura 28 - Planeamento de necessidade de peças pintadas

Os dados utilizados para criar este planeamento provêm das previsões a 25 dias fornecidas diariamente pelo departamento PC&L.

6.2 Rota de abastecimento das Linhas de Montagem Final

Com o objetivo de reduzir as paragens de linha consequentes da necessidade de auto abastecer as linhas com componentes e de transportar materiais entre postos, decide-se implementar uma rota de abastecimento. Os responsáveis da área apresentam 3 condições à implementação da rota:

1 – O operador responsável por realizar as tarefas da rota é um operador com incidência direta;

2 – O operador apenas pode dedicar 50% do seu tempo à rota, dedicando os restantes 50% a tarefas de carácter produtivo;

3 – O aumento de eficiência nos postos de trabalho de compensar a capacidade produtiva de que se abdica, para disponibilizar 0.5 pessoas por turno dedicada à rota

Ficou então estipulado uma frequência de 30 minutos, e uma duração máxima de 15 minutos para a execução da rota. Esta foi a situação inicial escolhida de forma a entender, de forma empírica, qual a duração ideal para a rota. No decorrer do projeto percebeu-se que era possível realizar todas as tarefas nos 15 minutos, desta forma, manteve-se esta estrutura.

6.2.1 Passo 1 - Definição do sistema

Para dar início a um processo de melhoria é importante definir os limites do sistema sob análise. No caso em estudo, define-se o sistema segundo o espaço, os materiais, as pessoas, a informação e os respetivos fluxos. O espaço físico que limita este sistema foi já apresentado nos capítulos anteriores, é constituído pelos supermercados (material pintado, material comprado e material injetado), pelas diferentes linhas de montagem (postos *stand-alone*, montagem final, greasing, heatstake e laser), e finalmente pela inspeção visual.

Dentro deste espaço, as pessoas, os materiais e a informação relacionam-se como num típico sistema de produção empurrado. Quando nos referimos a pessoas, é importante distinguir o chefe de equipa, os operadores de linha e o operador PC&L. Este último é responsável por ajustes diários ao planeamento, enquanto o chefe de equipa programa a produção que é executada pelos operadores. Assim, o consumo de materiais é “empurrado” pelo planeamento estabelecido.

6.2.2 Passo 2 – Definição dos mecanismos para consumo dos materiais

Definido o sistema, optou-se pela introdução de dois mecanismos de consumo de materiais, o *Kanban* e o 2-bin (caixa cheia-caixa vazia), com o objetivo de reduzir e nivelar o WIP e garantir um carácter cíclico ao abastecimento de materiais. Assim, os materiais provenientes dos supermercados de peças pintadas e de peças compradas passam a ser regidos por *kanban* enquanto os materiais injetados passam a ser abastecidos segundo um sistema 2-bin.

6.2.3 Passo 3 – Definição de tarefas para o colaborador responsável pela rota

O passo seguinte passa por definir as tarefas do colaborador responsável pela rota. Fica então estabelecido que em cada posto, o operador começa por descarregar o material necessário que já se encontra num carro específico (material este recolhido na rota anterior), procede à recolha dos *kanbans* e das caixas vazias, recolhe os jigs vazios e, por fim, realiza o transporte de peças entre postos. Depois de passar por todos os postos da linha de montagem, o operador dirige-se aos supermercados onde recolhe as quantidades necessárias para a próxima rota, segundo caixas vazias e *kanbans*. Por fim, o operador volta a colocar o carro (carregado com o material) no local de início da rota.

6.2.4 Passo 4 – Estabelecimento do número de kanbans

Introduzem-se 3 *Kanbans* por componente, correspondentes ao consumo de 20 min de produção cada, perfazendo um total de 1 hora de produção. O valor total de 1 hora é justificado pela possibilidade de um *Kanban* ser emitido logo após a passagem da rota. Neste caso, o *Kanban* será apenas recolhido na rota seguinte, e conseqüentemente, o material correspondente será apenas entregue duas rotas após a emissão do *Kanban*, ou seja entre 45 a 60 min depois, como está representado na Figura 29.

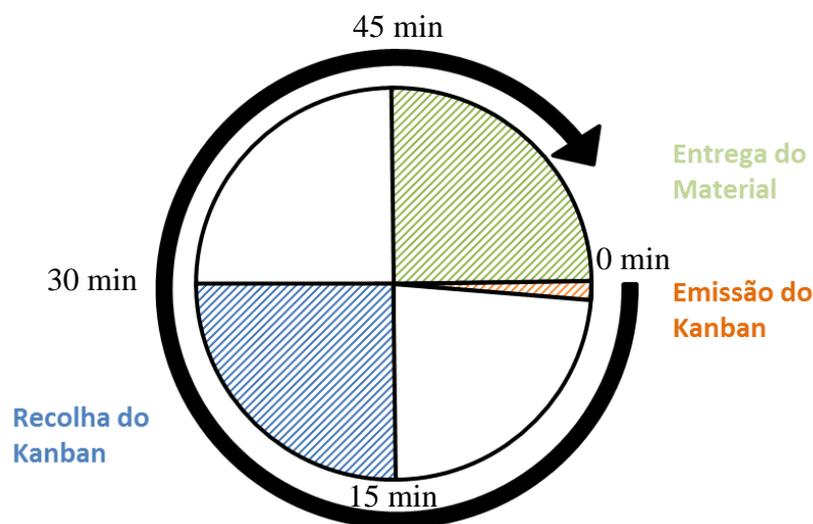


Figura 29 - Representação do tempo de abastecimento.

6.2.5 Passo 5 – Acompanhamento e melhoria

Depois de acompanhar o funcionamento das implementações mencionadas, verificou-se que o sistema entrou em falha na maioria dos materiais. Foram realizadas 5 iterações partindo com as condições iniciais definidas nos passos acima.

6.2.5.1 Iteração 1 – Falhas no abastecimento e equipamento não adequado

Após a primeira iteração, os resultados são os da Tabela 10 que expõe a causa das falhas de abastecimento que ocorreram.

Tabela 10 - Evolução do material disponível nas linhas

| Acontecimentos | Período de Tempo | <i>Kanbans</i> Emitidos | <i>Kanbans</i> Recolhidos | Material Entregue (min) | Material Disponível (min) |
|---|------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Início 1ª rota | 0 min | 0 | 0 | 0 | 60 |
| Fim 1ª rota | 15 min | 0 | 0 | 0 | 45 |
| Emissão 1º <i>Kanban</i> | 20 min | 1 | 0 | 0 | 40 |
| Início 2ª rota | 30 min | 0 | 1 | 0 | 30 |
| Emissão 2º <i>Kanban</i> | 40 min | 1 | 0 | 0 | 20 |
| Fim 2ª rota | 45 min | 0 | 0 | 0 | 15 |
| Início 3ª rota/Emissão 3º <i>Kanban</i> | 60 min | 1 | 2 | 20 | 20 |
| Fim da 3ª rota | 75 min | 0 | 0 | 0 | 5 |
| Emissão 4º <i>Kanban</i> | 80 min | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Início 3ª rota | 90 min | 0 | 1 | 40 | 40 |

Como é visível, 80 minutos após o início da rota, ocorreu uma quebra de abastecimento, obrigando os operadores a esperar pelo início da rota seguinte, 10 minutos depois. De referir que apesar do segundo *Kanban* ser emitido durante a segunda rota, este apenas é emitido no final da rota, quando o colaborador está a recolher o material nos supermercados. Consequentemente, no início da terceira rota, é apenas entregue material correspondente a 20 minutos de produção, quando seria necessário um mínimo de 30 minutos. Outro aspeto que se verificou diz respeito ao sistema 2-bin, onde foi necessário garantir uma quantidade mínima de 30 minutos por caixa.

Por fim, de notar também que o equipamento existente não era adequado. Os carros de alocação de produto intermédio estavam subdimensionados para o efeito; era necessário criar *kanbans* definitivos, e local para coloca-los nos postos ou guardá-los quando não necessários; por fim, o carro utilizado para abastecer os postos era demasiado pequeno.

6.2.5.2 Iteração 2 – Fórmula para cálculo do número de *kanbans*

Dado que o número de *Kanbans* escolhido por material estava incorreto, era necessário encontrar um método de cálculo que garantisse que os *kanbans* existentes em fluxo permitissem um nível de WIP mínimo sem a possibilidade de ocorrerem quebras de

abastecimento. Para tal, utilizou-se um ficheiro Excel providenciado por uma outra unidade fabril da organização.

O número de *Kanbans* em fluxo para cada material foi determinado em função da quantidade de material definida para cada *kanban*. A equação abaixo apresentada representa a fórmula utilizada na folha de cálculo para definir o número de *kanbans* a utilizar.

$$NKi = \frac{Pi}{QKi} \times Tmov$$

NKi – Quantidade de *Kanbans* no sistema para o material *i*.

Pi – Procura média por hora do material *i*.

QKi – Quantidade do material *i* por *Kanban*.

Tmov – Tempo máximo que o *kanban* demora a completar um ciclo, em horas.

A Tabela 11 é um excerto do anexo VII, que mostra a quantidade de *kanbans* para todos os materiais, em função da quantidade de material escolhida para cada *kanban*.

Tabela 11 - Excerto do ficheiro de criação de *kanbans*

| DPN | QTD P/KANBAN | Tipo de embalagem | Product | BLENDAS P/ EMBALAGEM | FG C/T | Del. Route Frequency (min) | KNB Rounded Up |
|--------------------------|--------------|-------------------|---------|----------------------|--------|----------------------------|----------------|
| TRIMPLATE-OUTER | 6 | Blister | VW LOW | 4 | 25 | 30 | 6 |
| TRIMPLATE-CHROME | 3 | Blister Pequeno | VW LOW | 9 | 25 | 30 | 6 |
| TRIMPLATE-RDO,PNTD,INNER | 3 | Blister | VW LOW | 7 | 25 | 30 | 7 |
| CA3 | 6 | JIG | VW LOW | 6 | 25 | 30 | 5 |
| CA4 | 6 | JIG | VW LOW | 6 | 25 | 30 | 5 |

Pela análise da Tabela, a primeira coluna indica a denominação de cada material. A coluna “QTD P/KANBAN” representa a quantidade de material escolhida por *kanban*. De notar que esta quantidade deve ser multiplicada pelo valor indicado na coluna “BLENDAS P/ EMBALAGEM”, sendo o tipo de embalagem apresentado na quarta coluna da Tabela. Assim, tomando a primeira linha como exemplo, a quantidade escolhida de 6 blisters perfaz um total de 24 *trimplates* (6 x 4). A coluna “FG C/T” indica o tempo de ciclo de consumo de cada material. A penúltima coluna da Tabela apresenta a frequência por rota, que como referido anteriormente é de 0,5 horas, sendo que o tempo máximo que o *kanban* demora a completar um ciclo é de aproximadamente 1 hora. Por fim, a última coluna representa a quantidade de *kanbans* necessários segundo a formula acima apresentada.

Continuando com os valores da primeira linha da coluna, substituindo os valores da fórmula, obtém-se o resultado seguinte:

$$NKi = \frac{3600/25}{6 \times 4} \times 1 = 6$$

NKi – Quantidade de Kanbans no sistema para o material *i*.

Pi – 144

QKi – 24

Tmov – 1

A Figura 30 apresenta um *kanban* criado neste projeto. Os cartões indicam a designação utilizada para o material, neste caso “CA3”, o local de origem e de destino do material, o tipo de embalagem e a quantidade dessa mesma embalagem que é necessário abastecer. De notar também a cor de fundo do *Kanban*, que difere de projeto para projeto, para ser mais fácil identificar uma possível mistura de *kanbans*.

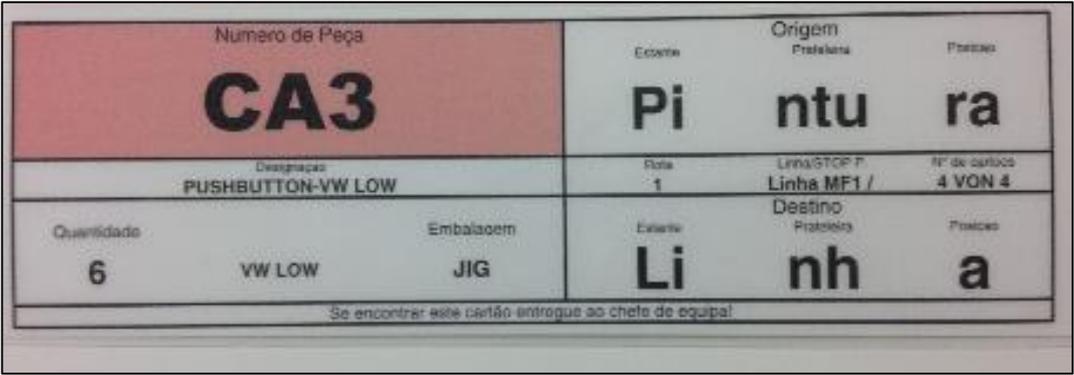


Figura 30 - Cartão Kanban

Paralelamente à criação dos cartões, iniciou-se também a criação de meios necessários para a realização da rota. Criaram-se assim dois carros a serem utilizados para preparar os *change-over's* das linhas de montagem. Criou-se um outro carro para ser utilizado pelo operador que realiza a rota. Por outro lado, substituem-se os carros, que eram utilizados para colocar o output das linhas de montagem, por rampas (Figura 31).



Figura 31 – Rampa de alocação de material

Depois de criados os cartões, os carros e as rampas verificou-se que o sistema de abastecimento entrou novamente em falha. Este acontecimento deveu-se ao aumento de produtividade resultante dos operadores da linha de montagem se dedicarem inteiramente à produção de peças. Isto é, o output horário, das linhas de montagem, aumentou, o que se traduziu numa redução do tempo de ciclo. Consequentemente, o material abastecido pela rota não foi suficiente. Posto isto, foi necessário redefinir os tempos de ciclo de cada produto, de forma a recalcular a quantidade de *kanbans* necessária para cada material.

6.2.5.3 Iteração 3 – Redefinição de número de kanbans

Depois de revistos os tempos de ciclo, alteraram-se as quantidades de *kanbans* por material. Foi assim possível verificar que o material abastecido pela rota era suficiente para garantir que a produção não parasse. Nesta fase de implementação da rota, esperou-se que os operadores se familiarizassem com este novo processo. Paralelamente, foi possível identificar oportunidades de melhoria, tal como listado a seguir:

- Espaço para alocação dos *kanbans* em processo;
- Espaço para alocação dos *kanbans* que não estão em processo;
- A preparação do material para os C/O obrigava, muitas vezes, o operador a demorar mais do que os 15 minutos estabelecidos;
- Durante os C/O foi necessário devolver muito material das linhas para os supermercados, isto porque os operadores não sabiam quando a produção ia parar;

- Os cartões de *kanban* danificavam-se e, por vezes, chegavam a perder-se, originando quebras de abastecimento.

Com o intuito de eliminar estas lacunas do processo, colocaram-se caixas em todos os postos de trabalho, onde se colocavam os cartões que precisavam de ser recolhidos pelo operador que realizava a rota. Criou-se também um quadro para colocar *kanbans* de produtos que não estavam a ser produzidos.

A Figura 32 mostra o quadro criado para alocação de cartões *kanban*. O quadro encontra-se dividido em dois, mostrando a produção programada para cada uma das duas linhas de montagem. O Quadro contém também um espaço, devidamente identificado, para os cartões de cada produto.



Figura 32 - Quadro da rota

A introdução da rota de abastecimento aliviou bastante a carga do operador PC&L afetado à área dos plásticos. Desta forma, para poder balancear o conteúdo de trabalho deste operador e do operador responsável pela rota, atribuiu-se a tarefa de preparação do material para C/O ao operador PC&L.

Assim, mediante instrução do chefe de equipa, o operador PC&L preparava o material necessário para o C/O. Dado que as tarefas deste operador têm uma carater maioritariamente acíclico, este podia preparar o material necessário ao longo da produção em curso.

No que diz respeito aos dois últimos pontos assinalados na lista acima, tornou-se difícil encontrar formas de melhorar, mantendo o conceito inicial definido para esta rota de abastecimento. Surgiu assim a necessidade de uma 4ª Iteração.

6.2.5.4 Iteração 4 – Utilização de manifestos, nivelamento, atualização do quadro e instruções de trabalho

Nesta fase do projeto, a rota de abastecimento implementada apresentava duas lacunas. Por um lado, o excesso de material que não era consumido no final de cada produção, por outro, a necessidade de manutenção dos cartões *kanban* criados. Pensou-se assim numa alternativa à utilização de cartões de *kanban*.

Após realizar um “benchmarking” aos procedimentos logísticos do edifício 1, a solução que se propôs de forma a corrigir as lacunas apresentadas, foi a utilização de manifestos (designação interna). Os manifestos são documentos utilizados na área produtiva do edifício 1. Estes documentos funcionam como ordens de produção, que acompanham os lotes de produtos, para depois serem dados os consumos dos respetivos materiais utilizados. A Figura 33 apresenta o exemplo de um manifesto.



Figura 33 - Manifesto

Cada manifesto representa um lote de peças, ou seja, 24 blendas. Dado que a produção é programada em lotes, não havendo meios lotes, todo o material é consumido nas linhas.

Apenas o material abastecido através do sistema 2-bin precisa de ser repostado nos respectivos supermercados.

Os manifestos são documentos consumíveis, isto é, depois de completo o lote, este é destruído, não implicando necessidade de manutenção. Posto isto, entende-se que os manifestos são uma alternativa viável capaz de eliminar as lacunas até então existentes. A Tabela 12 compara a utilização de manifestos com a utilização de *Kanbans*:

Tabela 12 - Manifestos vs Kanban

| | Vantagens | Desvantagens |
|---------------|--|--|
| Manifestos | <ul style="list-style-type: none"> • Todo o material abastecido na linha é consumido; • Não carecem de manutenção; • Permite manter um <i>standard</i> com o edifício 1; • Os colaboradores mais antigos estão familiarizados com este método. | <ul style="list-style-type: none"> • Consumo excessivo de tinteiro e papel; • Tem de se abastecer quantidades por lotes. Não permite minimizar a quantidade abastecida. |
| <i>Kanban</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Permite um melhor nivelamento do material a abastecer; • Garante melhores condições para possíveis melhorias. | <ul style="list-style-type: none"> • Requer manutenção dos cartões; • Os cartões podem perder-se, colocando em causa o abastecimento; • Sobra material no final das produções; • Requer a formação dos operadores e da própria chefia. |

De forma a afinar a utilização dos manifestos e assim garantir que estes se adaptam às necessidades da rota, é necessário realizar alguns ajustes. Em primeiro lugar, é preciso tornar os manifestos mais intuitivos para o operador. A Figura 34 apresenta um manifesto alterado com este propósito.



Figura 34 - Manifesto melhorado

Para tornar os manifestos mais intuitivos colocou-se o fundo negro nos materiais que devem ser abastecidos pelo operador a cada rota. Todos os outros materiais são abastecidos através do sistema 2-bin. Colocou-se também o tipo de embalagem do material (ex: Blister) e a designação do material com a qual os operadores estão mais familiarizados. Por fim, o manifesto indica a quantidade a abastecer de cada material, sendo que os materiais regidos por sistema 2-bin apresentam, por defeito, a quantidade 24.

Outro ajuste necessário para o bom funcionamento da rota, passou por nivelar o abastecimento de material, ou seja, definir quantos manifestos são abastecidos em cada rota. Para tal, criou-se uma macro que através do tempo de ciclo de cada produto e o número de lotes a produzir, cria uma distribuição que garante sempre a quantidade mínima de WIP sem que existam quebras de *stock*. A Figura 35 mostra um *print screen* do ficheiro, sendo que o anexo VII descreve os passos a seguir para a utilização da macro.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N |
|----|-----------------------|-------------|-------------|-----------------|--------|---------------------|-----------------|-----------------------|------------------------------|----|----|----|----|----|
| 2 | | | PRODUTO | PRODUÇÃO (HORA) | POSTO | PRODUÇÃO (1/2 HORA) | QTD P/MANIFESTO | Nº MANIFESTOS P/ ROTA | Nº MANIFESTOS P/ CHANGE OVER | | | | | |
| 3 | | VW LOW | VW LOW | 170 | LINHA | 55 | 24 | 2,281055667 | 3 | | | | | |
| 4 | | VW MID | VW MID | 100 | LINHA | 50 | 24 | 2,083333333 | 3 | | | | | |
| 5 | | FIAT B420 | FIAT B420 | 100 | LINHA | 50 | 24 | 2,083333333 | 3 | | | | | |
| 6 | | SK 25 | SK 25 | 140 | LINHA | 95 | 24 | 3,466666667 | 4 | | | | | |
| 7 | | SK 253 | SK 253 | 130 | GREASE | 85 | 24 | 2,708333333 | 3 | | | | | |
| 8 | | SK 35/LOW | SK 35/LOW | 120 | LINHA | 60 | 24 | 2,5 | 3 | | | | | |
| 9 | | SK 46/LOW | SK 46/LOW | 90 | LINHA | 45 | 24 | 1,875 | 2 | | | | | |
| 10 | | SK 35/MID | SK 35/MID | 55 | GREASE | 28 | 24 | 1,388888889 | 2 | | | | | |
| 11 | | SK 46/MID | SK 46/MID | 55 | GREASE | 28 | 24 | 1,388888889 | 2 | | | | | |
| 12 | | RENAULT | RENAULT | 75 | LINHA | 38 | 24 | 1,583333333 | 2 | | | | | |
| 13 | | VOLVO TRAZ+ | VOLVO TRAZ+ | 180 | LINHA | 90 | 24 | 3,75 | 4 | | | | | |
| 14 | | | | | | | | Limpar | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | VW LOW | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | PERIODO | Q/D | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 20 | EXISTENCIA INICIAL | 0 | 72 | 65 | 58 | 75 | 68 | 61 | 78 | 71 | 64 | 57 | 74 | 67 |
| 21 | PRODUÇÃO (1/2 HORA) | 0 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 |
| 22 | BLENDAS NA LINHA | 0 | 17 | 10 | 3 | 20 | 13 | 6 | 23 | 16 | 9 | 2 | 19 | 12 |
| 23 | MANIFESTOS A PREPARAR | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 |
| 24 | BLENDAS A PREPARAR | 72 | 48 | 48 | 72 | 48 | 48 | 72 | 48 | 48 | 48 | 72 | 48 | 48 |

Figura 35 - Interface do ficheiro de nivelamento

O último ajuste necessário passou por alterar o quadro de suporte à rota, anteriormente criado para alocar *kanbans*. Este quadro tem agora uma utilidade diferente. Cada cavidade existente representa uma rota, sendo que o operador PC&L deve colocar em cada cavidade a quantidade de manifestos a abastecer em cada rota, tal como indicado no ficheiro. A Figura 36 mostra as alterações realizadas ao quadro e evidencia o facto de que a cada rota, o operador ter de retirar os manifestos que se encontram na cavidade mais à esquerda.



Figura 36 - Quadro de suporte à rota

Por fim, de forma a completar a implementação da rota de abastecimento, criou-se um documento oficial, denominado de “instrução de trabalho”. Este documento tem por objetivo standardizar as tarefas realizadas pelo operador, bem como facilitar a formação do mesmo

através da consulta deste documento. O anexo VIII apresenta a instrução de trabalho da rota de abastecimento.

6.2.6 Tarefas dos operadores das linhas

Dando seguimento ao objetivo de melhorar a eficiência da área de montagem final, procuraram-se soluções de forma a reduzir o tempo de C/O das linhas de montagem e das máquinas de cravação e gravação.

Quanto às linhas de montagem, já estão apresentadas no ponto anterior as alterações realizadas. Com a implementação da rota, o operador PC&L coloca todo o material necessário num carro criado especificamente para os C/O. Desta forma, as tarefas dos operadores das linhas de montagem resumem-se a recolher os apoios das blendas, que se encontram ao lado da linha, e colocar o material do carro nas rampas de abastecimento. De forma a quantificar o tempo necessário aos operadores para realizar estas tarefas, recolheram-se os tempos gastos nesta tarefa a cada C/O da LMF durante 5 dias de produção. A Tabela 13 apresenta o valor médio dos dados recolhidos a cada dia.

Tabela 13 - Tempo médio de colocação de material nas LMF (min)

| | Dia 1 | Dia 2 | Dia 3 | Dia 4 | Dia 5 | Média |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Greasing | 1.5 | 1 | 1 | 1.5 | 1 | 1.2 |
| LMF1 | 1.5 | 1.5 | 1 | 1.5 | 1.5 | 1.4 |
| LMF2 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 2 | 1.5 | 1.6 |

6.3 Implementação de SMED nas máquinas de cravação e gravação

Este ponto do capítulo foca-se na redução do tempo de C/O das linhas de cravação e gravação, através da utilização da metodologia SMED. Paralelamente ao decorrer deste projeto, a área dos plásticos adquiriu um dispositivo de pré aquecimento das bases de cravação. Este dispositivo permite aquecer as bases de cravação fora das máquinas. Desta forma, sente-se a necessidade de potenciar a utilização deste dispositivo de forma a maximizar a redução do tempo de C/O do processo em questão.

A primeira etapa da metodologia SMED consiste em listar todas as tarefas realizadas pelo operador e distinguir as externas das internas. O anexo III apresenta uma listagem de todas as

tarefas realizadas pelo operador. Como é possível ver neste anexo, todas as tarefas realizadas pelo operador são de caráter interno, ou seja, são realizadas depois de a máquina parar.

A **segunda etapa** passa por transformar o máximo de tarefas internas em tarefas externas. Existem dois fatores cruciais que possibilitam converter algumas das tarefas identificadas em tarefas externas: a aquisição da máquina de pré aquecimento (Figura 37) e a implementação da rota de abastecimento.



Figura 37 - Máquina de pré aquecimento das bases de cravação

A Tabela 14 resume as tarefas que cada um destes fatores permitiu converter de interno para externo.

Tabela 14 - Conversão de tarefas internas para externas

| | Tarefas |
|----------------------------|---|
| Máquina de pré aquecimento | <ul style="list-style-type: none"> • Aquecer a base de cravação |
| Rota de abastecimento | <ul style="list-style-type: none"> • Transportar as bases a utilizar para a máquina de pré aquecimento; • Transportar a base, da máquina de pré aquecimento para a máquina de cravação; • Arrumar as bases de cravação utilizadas. |

A **terceira etapa** da metodologia visa a criar condições para reduzir o tempo das tarefas internas e externas realizadas. Depois de validar a máquina e afetar as tarefas de transporte de base ao operador da rota de abastecimento, observou-se o funcionamento dos C/O. Encontrou-se um fator de entropia associado ao transporte das bases de cravação. O carro definido para o transporte das bases não estava adaptado à máquina de pré aquecimento, nem às dimensões da estante de alocação das mesmas. Como consequência deste facto, os

operadores viram-se obrigados a transportar as bases manualmente. Para além da perda de tempo, existiam riscos de caráter ergonómico.

A Figura 38 mostra a alteração realizada à base do carro. Esta alteração permitiu que os suportes da base de cravação ficassem alinhados com os encaixes da máquina de pré aquecimento. Desta forma, o operador apenas precisava encostar o carro à máquina e empurrar a base.



Figura 38- Antes e depois: Base do carro

A Figura 39 mostra a alteração à altura da estante. Passou a ser assim possível que o carro encostasse à estante para que o operador tivesse apenas de puxar a base da estante para o carro. Outra alteração necessária passou por diminuir a largura do carro. Esta alteração deveu-se ao facto de existirem duas dimensões de bases, sendo que as mais estreitas apresentavam risco de cair por terem pouca superfície de apoio nos suportes do carro. Por outro lado, esta alteração facilitaria o manuseamento do carro entre linhas.

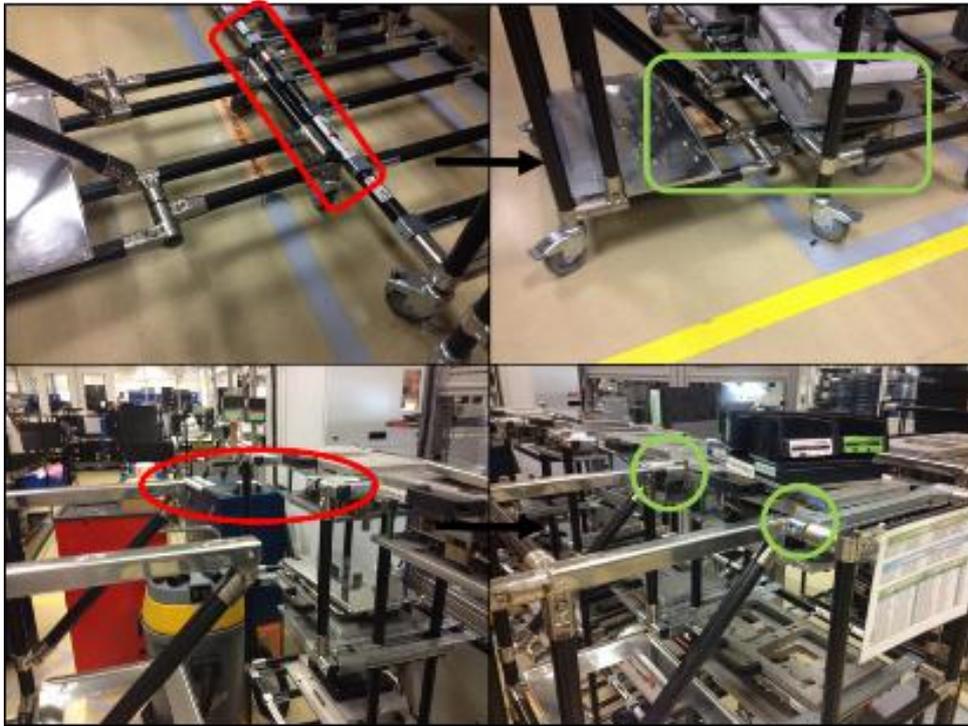


Figura 39 - Antes e depois: Altura da estante

A Tabela 15 apresenta a redução dos tempos associados a tarefas internas e externas ao longo das três fases. Os anexos IV e V permitem entender com mais detalhe a redução destes tempos.

Tabela 15 - Evolução dos tempos de tarefas internas e externas (adaptado de costa et al, 2013)

| Tarefas | Etapa 1 | Etapa 2 | Etapa 3 |
|----------|----------|----------|---------|
| Internas | 12.1 min | 0.7 min | 0.7 min |
| Externas | 0 min | 10.1 min | 9.9 min |

Pela análise da Tabela verifica-se a redução do tempo de tarefas internas em 11.4 minuto. Destes 11.4, 8.8 correspondem à introdução da máquina de pré aquecimento, enquanto os restantes 2.6 minutos dizem respeito a afetar tarefas de transporte das bases ao operador da rota. A 3ª etapa da metodologia SMED permitiu reduzir em cerca de 12 segundos o conteúdo de trabalho do operador da rota.

7. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo calculam-se e discutem-se os resultados obtidos com as implementações mencionadas no capítulo anterior. Através da comparação do estado inicial com o estado final do projeto, é possível entender as melhorias obtidas ao longo do mesmo. No final do capítulo apresenta-se um resumo dos tempos e custos poupados em tarefas que não acrescentam valor com a implementação da rota de abastecimento e com a redução dos tempos de C/O.

7.1 Melhorias nas linhas de montagem final

Esta secção apresenta as melhorias relacionadas com as propostas implementadas nas linhas de montagem final: redução do tempo de abastecimento, do tempo de transporte e do tempo de change-over.

7.1.1 Redução do tempo de abastecimento

A Tabela 16 mostra a diferença de tempo gasto em auto abastecimento das LMF após a implementação da rota de abastecimento. Dado que a rota de abastecimento é responsável pelo abastecimento de materiais na LMF, o tempo gasto com esta tarefa pelos operadores passa a ser nulo assim como o custo.

Tabela 16 - Perdas diárias associadas ao auto abastecimento (Antes vs Depois)

| | Antes | Depois |
|---|-------|--------|
| Nº médio de paragens p/ dia | 29.6 | 0 |
| Tempo médio p/paragem (seg) | 60 | 0 |
| Tempo perdido p/ dia (min) (2 operadores) | 59.2 | 0 |
| Custo p/operador (€/min) | 0.36 | 0.36 |
| Custo p/ dia (€) (2 operadores) | 21.31 | 0 |

Com a introdução da rota foi possível eliminar a necessidade de auto abastecimento das LMF

7.1.2 Redução do tempo de transporte das LMF e os postos de cravação

A Tabela 17 apresenta a evolução do tempo e custos associados ao transporte de material entre as LMF e os postos de cravação e gravação.

Tabela 17 - Perdas diárias associadas ao transporte de materiais (Antes vs Depois)

| | Antes | Depois |
|--|-------|--------|
| Volume de produção diário (Lotes) | 134 | 134 |
| Tempo p/ passo (com carga) (seg) | 1,2 | 1,2 |
| Tempo p/ passo (sem carga) (seg) | 0,6 | 0,6 |
| Distancia percorrida (passos) | 22 | 0 |
| Tempo perdido p/dia (min) (2 operadores) | 88.4 | 0 |
| Custo p/operador (€/min) | 0,36 | 0,36 |
| Custo diário (€) (2 operadores) | 31.8 | 0 |

Pela análise da tabela conclui-se que se eliminou totalmente a necessidade de transportes entre postos de trabalho.

7.1.3 Redução do tempo de *Change-over* das LMF

No caso do C/O das LMF, existem ainda tarefas afetas aos operadores da linha, que consistem na colocação dos materiais nas linhas e na recolha das bases. A Tabela 18 apresenta os tempos e custos associados às tarefas realizadas na situação inicial e na situação final.

Tabela 18 - Perdas diárias associadas aos C/O das LMF (Antes vs Depois)

| Linha | Tempo p/ dia (min) | | Custo pessoa p/min (€) | Custo pessoa em C/O p/dia (€) | |
|----------|--------------------|--------|------------------------|-------------------------------|--------|
| | Antes | Depois | | Antes | Depois |
| Greasing | 15.4 | 2.4 | | 5.5 | 0.9 |
| LMF1 | 58 | 11.2 | 0.36 | 35.7 | 4.0 |
| LMF2 | 102.4 | 6.4 | | 19.2 | 2.3 |
| Total | 175.8 | 20 | | 60.4 | 7.2 |

Ao deslocar tarefas de C/O para o operador da rota e para o operador PC&L, conseguiu-se uma redução do tempo de tarefas internas, do C/O, de 88.7% por dia.

7.2 Melhorias nas máquinas de cravação e gravação

Esta secção apresenta as melhorias relacionadas com as propostas implementadas nas máquinas de cravação e gravação: redução do tempo de transporte e do tempo de change-over.

7.2.1 Redução do tempo de transporte para a inspeção

Tal como acontece nas LMF, os operadores dos postos de cravação e gravação deixam de ter a necessidade de transportar os materiais entre os seus postos e as linhas de inspeção visual. Desta forma, o tempo atribuído a esta tarefa passa a ser nulo. A Tabela 19 mostra a melhoria obtida com as propostas.

Tabela 19 - Perdas diárias associadas ao transporte de materiais (Antes vs Depois)

| | | |
|-----------------------------------|------|-----|
| Volume de produção diário (Lotes) | 134 | 134 |
| Tempo p/ passo (com carga) | 1.2 | 1.2 |
| Tempo p/ passo (sem carga) | 0.6 | 0.6 |
| Distancia percorrida (passos) | 20 | 0 |
| Tempo perdido p/lote (seg) | 18 | 0 |
| Tempo perdido p/ dia (horas) | 0.67 | 0 |
| Custo p/ operador (€/min) | 0.36 | 0 |
| Custo diário c/ transportes (€) | 14.5 | 0 |

Pela análise da tabela, percebe-se a redução de 100% do tempo gasto em transportes, para os operadores da cravação e gravação.

7.2.2 Redução do tempo de Change-over nas máquinas de cravação e gravação

Dada a redução do tempo de C/O de 12.1 minuto para 0.7 e o número diário de 10 C/O, obtém-se um tempo total de 7 minutos (0.12 horas) diários gastos em C/O. A Tabela 20 apresenta os custos relativos a tarefas de C/O na área de cravação e gravação.

Tabela 20 - Perdas diárias associadas ao C/O das máquinas de cravação e gravação (Antes vs Depois)

| | Custo p/ hora (€) | Tempo (horas) e custo (€) p/ C/O | |
|---------------|-------------------|----------------------------------|--------|
| | | Antes | Depois |
| Tempo (Horas) | | 2.01 | 0.12 |
| Pessoa | 21.6 | 43.42 € | 2.6 € |
| Heat stake | 3 | 6.03 € | 0.36 € |
| Laser | 3.6 | 7.24 € | 0.43 € |
| Total | | 56.7 € | 3.4 € |

No total tem-se uma redução de 94% no tempo de *change-over* e respetivo custo.

7.3 Resumo dos resultados obtidos

A Tabela 21 apresenta um resumo dos resultados obtidos com as propostas implementadas.

Tabela 21 - Resumo dos resultados obtidos

| | Tempo (Horas) | | Custo (€) | |
|--------------------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| | Antes | Depois | Antes | Depois |
| Abastecimento | 0.99 | 0 | 21.31 | 0 |
| Transporte LMF | 1.47 | 0 | 31.8 | 0 |
| C/O LMF | 2.93 | 0.3 | 60.4 | 7.2 |
| Transporte cravação e gravação | 0.67 | 0 | 14.5 | 0 |
| C/O cravação e gravação | 2.01 | 0.12 | 55.6€ | 3.4 € |
| Total | 8.07 | 0.42 | 183.61 | 10.6 |

Assim, tendo em conta que se abdicou de 0.5 pessoas por turno, ou seja, uma pessoa por dia, o total de perda na situação final é de $7.5 + 0.42 = 7.92$. Desta forma, a situação final apresenta um aumento de disponibilidade de 0.15 horas, ou seja, 9 minutos produtivos que podem ser usados para produzir outros produtos. Considerando um tempo de ciclo médio de 30 segundos, este aumento de disponibilidade corresponde a um aumento de 18 unidades por dia.

Dado o custo por pessoa ser de 0.36€ por minuto (21.6€ p/hora), os operadores que realizam a rota em cada turno representam um encargo de 162€ por dia. Pela análise da tabela, verifica-

se que na situação inicial se estima um gasto de 183.61€ em tarefas de transporte e de C/O. Conclui-se assim um poupança de 11,01€ em tarefas sem valor acrescentado.

8. CONCLUSÃO

Este capítulo apresenta as principais conclusões desta dissertação assim como algumas ideias para trabalho futuro.

8.1 Conclusões

Este projeto tinha objetivos que se prendiam com a melhoria de desempenho do sistema produtivo da área de montagem final implementando princípios e ferramentas de Lean Production. Considera-se que tais objetivos foram atingidos.

O projeto teve início com a realização de um *workshop* Kaizen realizado no departamento de plásticos, com o intuito de estabelecer uma rota de abastecimento regida por cartões *Kanban* na área de montagem final. A utilização de *kanbans* ficou essencialmente inviabilizada por dois fatores. O primeiro dizia respeito às necessidades do sistema específico, cuja utilização do *kanban* não ia ao encontro a essas mesmas necessidades. De realçar também as restrições iniciais impostas para a implementação desta rota, que não facilitaram a utilização de cartões *kanban*.

O segundo fator a referir dizia respeito ao caráter cultural da organização. Por um lado, as pessoas que trabalham no sistema produtivo não entendiam o funcionamento e os benefícios do *kanban*, desta forma tornou-se difícil sensibilizar estas pessoas para a importância deste. Assim, optou-se por usar um mecanismo diferente já usado no outro edifício, designado de manifesto e pode concluir-se com sucesso a definição da rota de abastecimento com a eliminação de paragens para abastecimento e transporte de materiais, e uma redução do tempo perdido em tarefas internas de C/O das LMF de 89%.

Quanto aos tempos de *change-over* foi necessário implementar a técnica SMED para reduzir estes tempos nas máquinas de cravação e gravação. Conseguiu-se uma redução de 94% do tempo de tarefas internas. Adicionalmente, foi melhorado o sistema de planeamento de material nos supermercados para minimizar as falhas no abastecimento.

Em suma, este projeto permitiu reduzir o tempo utilizado em tarefas que não acrescentam valor, relacionadas com abastecimento de postos de trabalho e *change-overs*. A quantificação destes resultados revelou um ganho de 9 minutos produtivos e uma redução de 94% dos

custos associados a desperdícios (transportes, *change-over*), em detrimento de 1 pessoa por dia para a realização da rota de abastecimento.

Face à situação inicial, apresentaram-se também melhorias não quantificáveis. Entre elas, de realçar as melhorias ergonómicas durante os *change-overs* das máquinas de cravação e gravação; a organização da zona de montagem final, e por fim, uma rota de abastecimento planeada e acima de tudo standardizada, não só internamente no departamento de plásticos, mas também em função do *standard* apresentado no edifício 1 da Delphi Automotive Systems-Portugal S.A..

Os resultados conseguidos foram relativamente a melhoria de eficiência das linhas, o nivelamento dos materiais em processo e a própria organização das linhas com a redução de movimentos e transportes dos operadores.

8.2 Trabalho futuro

O trabalho futuro que possa dar seguimento ao trabalho realizado devem focar-se em garantir um *standard* com o edifício 1 e acima de tudo adaptarem-se às necessidades e restrições deste sistema produtivo em específico.

A título de sugestão, apenas apontar a possibilidade de redesenhar as linhas de montagem final, de modo a conseguir eliminar os tempos de *change-over*, tal como se verifica no edifício 1. Apesar de os resultados obtidos descritos acima traduzirem uma melhoria notável, este tema tem ainda muitas oportunidades de melhoria

No que à rota diz respeito, a sensibilização dos operadores é o ponto de partida para potenciar os resultados obtidos ao longo deste projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apreutesei, M., Suciú, E., & Arvinte, I. R. (2010). Lean Manufacturing - A Powerfull Tool for Reducing Waste During the Processes. *Analele Universităţii Eftimie Murgu Reşiţa. Fascicula de Inginerie*, 17(2), 23-34.
- Brophy, A. (2014). *FT Guide to Lean* ePub eBook: Pearson Education.
- Byrne, A., & Womack, J. P. (2012). *The Lean Turnaround: How Business Leaders Use Lean Principles to Create Value and Transform Their Company*: McGraw-Hill Education.
- Carvalho, D. (2000). JIT. Página Pessoal de Dinis Carvalho. Obtido em Dezembro de 2009, de <http://pessoais.dps.uminho.pt/jdac/>
- Costa, E., Sousa, R., Bragança, S., & Alves, A. (2013). An industrial application of the SMED methodology and other lean production tools. Paper presented at the Integrity, Reliability and Failure of Mechanical Systems, Funchal, Portugal.
- Coutinho, C. P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J., & Vieira, S. (2009). Investigação-Acção: Metodologia Preferencial nas Práticas Educativas. *Psicologia, Educação e Cultura*, 13(2), 455-479.
- Fernandes, F. A., Sousa, S. D., & Lopes, I. (2013). On the Use of Quality Tools: A Case Study. Paper presented at the World Congress on Engineering, London, UK.
- Hirano, H., & Talbot, B. (1995). *5 Pillars of the Visual Workplace*: Taylor & Francis.
- Kamauff, J. (2009). *Manager's Guide to Operations Management*: McGraw-Hill Education.
- Kemmis, S., & McTaggart, R. (2005). Participatory Action Research: Communicative Action and the Public Sphere. In N. K. Denzin & Y. S. (Eds.), *The Sage handbook of qualitative research* (3rd ed., pp. 559-603). Thousand Oaks, CA: Sage Publications Ltd.
- Krafcik, J. F. (1988). Triumph of the Lean production system. *Sloan Management Review*, 30(1), 41-52.
- Lander, E., & Liker, J. K. (2007). The Toyota Production System and art: making highly customized and creative products the Toyota way. *International Journal of Production Research*, 45(16), 3681-3698. doi:10.1080/00207540701223519

- Liker, J. (2003). *The Toyota Way : 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer:* Mcgraw-hill.
- McWatters, C. S., & Fullerton, R. R. (2000). The production performance benefits from JIT implementation. *Journal of Operation Management*, 19(2001), 81-96.
- 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. doi:http://dx.doi.org/10.1205/cherd.04351
- Meredith, J. R., & Shafer, S. M. (2015). *Operations Management for MBA's:* Wiley.
- 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.
- Ohno, T. (2012). *Taiichi Ohnos Workplace Management: Special 100th Birthday Edition:* McGraw-Hill Education.
- Ribeiro, D., Braga, F., Sousa, R. M., & Silva, S. C. (2011). An application of the SMED methodology in an electric power controls company. *Romanian Review Precision Mechanics, Optics & Mechatronics*.
- Russell, R. S., & Taylor, B. W. (2010). *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain*, 7th Edition: John Wiley & Sons.
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1989). *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint:* Taylor & Francis.
- Sople, V. V. (2011). *Supply Chain Management: Text and Cases:* Pearson Education India.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553-564. doi:10.1080/00207547708943149
- Von Rosing, M., von Scheel, H., & Scheer, A. W. (2014). *The Complete Business Process Handbook: Body of Knowledge from Process Modeling to BPM:* Elsevier Science.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation:* Simon & Schuster.
- Womack, J. P., Jones, D. T., Roos, D. (1990). *Machine that Changed the World:* Scribner.

ANEXOS

ANEXO I – TEMPOS DE CICLO POR PROCESSO E VOLUMES DIÁRIOS DE PRODUÇÃO

Tabela 22 - Tempos de ciclo e volume p/ produto

| PRODUTOS | TC LMF | TC GREASE | TC CRAV | TC LASER | TC STAND ALONE | VOL MED DIARIO | VOL (LOTES) |
|-------------|--------|-----------|---------|----------|----------------|----------------|-------------|
| VW LOW | 32 | | 14 | 15 | | 912 | 38 |
| VW MID | 40 | | 15 | 10 | | 216 | 9 |
| SK 25 | 25 | | 9 | | | 504 | 21 |
| Sk 25 2 | | | 6 | 13 | | 504 | 21 |
| SK253 | | 76 | 13,3 | 12 | | 408 | 17 |
| COVER 253 | | | 10 | | | 360 | 15 |
| SK 35 LOW | 60 | | 13,3 | 15 | | 120 | 5 |
| SK 35 MID | | 66 | 10,3 | 10 | | 120 | 5 |
| SK 46 LOW | 60 | | 5 | 10 | | 24 | 1 |
| SK 46 MID | | 66 | 18 | 15 | | 120 | 5 |
| MENU | | | | | 14,4 | 1152 | 48 |
| ON/OFF | | | | | 16,2 | 1728 | 72 |
| RENAULT | 55 | | | 14 | | 168 | 7 |
| VOLVO TEA2+ | 20 | | | 4 | | 408 | 17 |
| B420 | 45 | | 8 | 10 | | 216 | 9 |
| HUD | | | | 45 | | 336 | 14 |
| PSA | | | | | 9 | 480 | 20 |

ANEXO II – TEMPO TOTAL POR C/O NAS LMF

Tabela 23 - Tempos de C/O

| | | LMF2 | LMF2 | LMF1 | Greasing | LMF1 | Greasing | LMF1 | Greasing | LMF1 | LMF1 | LMF2 |
|----------|-------------|--------|--------|-------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|-------------|------|
| | | VW LOW | VW MID | SK 25 | SK253 | SK 35 LOW | SK 35 MID | SK 46 LOW | SK 46 MID | RENAULT | VOLVO TEA2+ | B420 |
| LMF2 | VW LOW | | 14,4 | | | | | | | | | 16,5 |
| LMF2 | VW MID | 16,3 | | | | | | | | | | 10,7 |
| LMF1 | SK 25 | | | | | 9,8 | | 13,1 | | 14,7 | 10,3 | |
| Greasing | SK253 | | | | | | 6,4 | | 9,8 | | | |
| LMF1 | SK 35 LOW | | | 14,4 | | | | 12,4 | | 14,7 | 15,5 | |
| Greasing | SK 35 MID | | | | 8,3 | | | | 7,5 | | | |
| LMF1 | SK 46 LOW | | | 13,2 | | 14,3 | | | | 12,2 | 13,4 | |
| Greasing | SK 46 MID | | | | 7,3 | | 6,9 | | | | | |
| LMF1 | RENAULT | | | 14,9 | | 12,1 | | 11,9 | | | 10,1 | |
| LMF1 | VOLVO TEA2+ | | | 16,6 | | 8,8 | | 11 | | 12,7 | | |
| LMF2 | B420 | 12,5 | 16,8 | | | | | | | | | |

ANEXO III – TAREFAS A REALIZAR DURANTE O C/O DA MÁQUINA DE CRAVAÇÃO (ETAPA 1)

Tabela 24 - Tarefas do C/O (etapa 1)

| # | Etapa 1 | Tipo | Duração (seg) |
|----|---|-------------|----------------------|
| 1 | Desapertar engates da BS, em uso | Interno | 1,9 |
| 2 | Retirar a BS, em uso, da máquina | Interno | 5,3 |
| 3 | Transportar BS, em uso, para prateleira | Interno | 35,7 |
| 4 | Colocar BS, em uso, na prateleira | Interno | 3,9 |
| 5 | Retirar a BS, a usar, da prateleira | Interno | 5,7 |
| 6 | Transportar BS, a usar, para máquina | Interno | 39,6 |
| 7 | Colocar BS, a usar, na máquina | Interno | 6,3 |
| 8 | Apertar engates da BS a usar | Interno | 1,7 |
| 9 | Escolher programa de cravação para o produto a usar | Interno | 7,1 |
| 10 | Desapertar engates da BI, em uso | Interno | 1,9 |
| 11 | Retirar a BI, em uso, da máquina | Interno | 4,6 |
| 12 | Transportar BI, em uso, para prateleira | Interno | 37,2 |
| 13 | Colocar BI, em uso, na prateleira | Interno | 4,3 |
| 14 | Retirar a BI, a usar, da prateleira | Interno | 4,2 |
| 15 | Transportar BI, a usar, para máquina | Interno | 33,9 |
| 16 | Colocar BI, a usar, na máquina | Interno | 4,5 |
| 17 | Apertar engates da BI a usar | Interno | 2,3 |
| 18 | Esperar que a BS atinja a temperatura requerida. | Interno | 526 |
| | TOTAL (Interno) (min) | | 12,1 |
| | TOTAL (Externo) (min) | | 0,0 |

**ANEXO IV – TAREFAS A REALIZAR DURANTE O C/O DA MÁQUINA DE CRAVAÇÃO
(ETAPA 2)**

Tabela 25 - Tarefas do C/O (etapa 2)

| # | Etapa 2 | Tipo | Duração (seg) |
|----|--|-------------|----------------------|
| 1 | Transportar carro de C/O 1 para prateleira | Externo | 7,5 |
| 2 | Retirar BS, a usar, da prateleira para o carro de C/O 1 | Externo | 4,7 |
| 3 | Retirar BI, a usar, da prateleira | Externo | 4,4 |
| 4 | Colocar BI, a usar, no carro de C/O 1 | Externo | 3 |
| 5 | Transportar carro de C/O 1 para máquina de pré aquecimento. | Externo | 12,9 |
| 6 | Colocar BS, a usar, na máquina de pré aquecimento | Externo | 4,5 |
| 7 | Esperar que a BS, a usar, atinja a temperatura requerida | Externo | 526 |
| 8 | Retirar BS da máquina de pré aquecimento para carro de C/O 1 | Externo | 5,4 |
| 9 | Transportar carro de C/O 1 para máquina de cravação | Externo | 8,2 |
| 10 | Transportar carro de C/O 2 para máquina de cravação | Externo | 6 |
| 11 | Desapertar engates da BS em uso | Interno | 2,6 |
| 12 | Retirar a BS, em uso, da máquina para o carro de C/O 2 | Interno | 4,9 |
| 13 | Desapertar engates da BI em uso | Interno | 2,5 |
| 14 | Retirar a BI, em uso, da máquina | Interno | 4,6 |
| 15 | Colocar BI, em uso, no carro de C/O 2 | Interno | 4,7 |
| 16 | Passar BS do carro de C/O 1 para a máquina de cravação | Interno | 4,3 |
| 17 | Apertar engates da BS a usar | Interno | 4,1 |
| 18 | Colocar BI, a usar, na máquina de cravação | Interno | 4,1 |
| 19 | Apertar engates da BI a usar | Interno | 2,7 |
| 20 | Selecionar programa de cravação para próximo produto | Interno | 9,6 |
| 21 | Transportar carro de C/O 1 para prateleira | Externo | 10,8 |
| 22 | Transportar carro de C/O 2 para prateleira | Externo | 10,7 |
| 23 | Arrumar BS, em uso, na prateleira | Externo | 4,1 |
| 24 | Arrumar BI, em uso, na prateleira | Externo | 3,5 |
| | TOTAL (Interno)(min) | | 0,7 |
| | TOTAL (Externo)(min) | | 10,1 |

**ANEXO V – TAREFAS A REALIZAR DURANTE O C/O DA MÁQUINA DE CRAVAÇÃO
(ETAPA 3)**

Tabela 26 - Tarefas do C/O (etapa 3)

| # | Etapa 3 | Tipo | Duração (seg) |
|----|---|---------|---------------|
| 1 | Transportar carro de C/O 1 para prateleira | Externo | 7,5 |
| 2 | Retirar BS, a usar, da prateleira para o carro de C/O 1 | Externo | 3,2 |
| 3 | Retirar BI, a usar, da prateleira | Externo | 2,8 |
| 4 | Colocar BI, a usar, no carro de C/O 1 | Externo | 2,2 |
| 5 | Transportar carro de C/O 1 para máquina de pré aquecimento. | Externo | 12,9 |
| 6 | Colocar BS, a usar, na máquina de pré aquecimento | Externo | 2,8 |
| 7 | Esperar que a BS, a usar, atinja a temperatura requerida | Externo | 526 |
| 8 | Retirar BS, da máquina de pré aquecimento para carro de C/O 1 | Externo | 3 |
| 9 | Transportar carro de C/O 1 para máquina de cravação | Externo | 8,2 |
| 10 | Transportar carro de C/O 2 para máquina de cravação | Externo | 6 |
| 11 | Desapertar engates da BS em uso | Interno | 2,6 |
| 12 | Retirar a BS, em uso, da máquina para o carro de C/O 2 | Interno | 4,9 |
| 13 | Desapertar engates da BI em uso | Interno | 2,5 |
| 14 | Retirar a BI, em uso, da máquina | Interno | 4,6 |
| 15 | Colocar BI, em uso, no carro de C/O 2 | Interno | 4,7 |
| 16 | Passar BS do carro de C/O 1 para a máquina de cravação | Interno | 4,3 |
| 17 | Apertar engates da BS a usar | Interno | 4,1 |
| 18 | Colocar BI, a usar, na máquina de cravação | Interno | 4,1 |
| 19 | Apertar engates da BI a usar | Interno | 2,7 |
| 20 | Selecionar programa de cravação para próximo produto | Interno | 9,6 |
| 21 | Transportar carro de C/O 1 para prateleira | Externo | 10,8 |
| 22 | Transportar carro de C/O 2 para prateleira | Externo | 10,7 |
| 23 | Arrumar BS, em uso, na prateleira | Externo | 3,1 |
| 24 | Arrumar BI, em uso, na prateleira | Externo | 2,2 |
| | TOTAL (Interno) (min) | | 0,7 |
| | TOTAL (Externo) (min) | | 9,9 |

ANEXO VI – QUANTIDADE DE KANBANS PARA TODOS OS MATERIAIS

Tabela 27 - Ficheiro de cálculo de quantidade de Kanbans

| DPN | QTD P/ KANBAN | Tipo de embalagem | Produto | Blendas p/ embalagem | FG C/T | Del. Route Frequency (min) | KNB Rounded Up |
|-------------------------------------|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-----------|----------------------------------|----------------------|
| TRIMPLATE-OUTER PAINTED | 4 | Blister | VW MID | 6 | 25 | 30 | 6 |
| TRIMPLATE INNER PAINTED | 4 | Blister | VW MID | 6 | 25 | 30 | 6 |
| INSERT-TP CHROME LH | 24 | Blister Pequeno | VW MID | 1 | 25 | 30 | 6 |
| INSERT-TP CHROME RH | 24 | Blister Pequeno | VW MID | 1 | 25 | 30 | 6 |
| PB-PIANO-CAP- PAINTED | 7 | JIG | VW MID | 6 | 25 | 30 | 4 |
| PB-BW PAINTED | 20 | JIG | VW MID | 3 | 25 | 30 | 3 |
| TRIMPLATE-OUTER | 6 | Caixa Azul | VW LOW | 4 | 25 | 30 | 6 |
| TRIMPLATE- CHROME | 3 | Blister Pequeno | VW LOW | 9 | 25 | 30 | 6 |
| TRIMPLATE- RDO,PNTD,INNER | 3 | Blister | VW LOW | 7 | 25 | 30 | 7 |
| PUSHBUTTON-VW LOW | 6 | JIG | VW LOW | 6 | 25 | 30 | 4 |
| PUSHBUTTON-VW LOW | 6 | JIG | VW LOW | 6 | 24 | 30 | 5 |
| TRIMPLATE | 4 | Blister | SK 25 | 12 | 14,6 | 30 | 6 |
| PUSHBUTTON-1 | 8 | JIG | SK 25 | 6 | 14,6 | 30 | 6 |
| PUSHBUTTON-AS | 12 | JIG | SK 25 | 6 | 14,6 | 30 | 4 |
| PUSHBUTTON- MEDIA SK25 | 6 | JIG | SK 25 | 12 | 14,6 | 30 | 4 |
| GUIDE CD SK25 | 140 | caixa cinza | SK 25 | 1 | 14,6 | 30 | 2 |
| GUIDE-PB, BTM SK25 | 200 | caixa cinza | SK 25 | 1 | 14,6 | 30 | 2 |
| TRIMPLATE B420 | 20 | Caixa Azul | FIAT B420 | 1 | 25 | 30 | 8 |
| BUTTON-B420 | 1 | JIG | FIAT B420 | 12 | 25 | 30 | 12 |
| TRIMPLATE- COTD,RE TEA2, MID | 8 | Tabuleiro | VOLVO RENAU LT | 3 | 25 | 30 | 6 |
| PUSHBUTTON- RENAULT | 9 | JIG | VOLVO RENAU LT | 6 | 25 | 30 | 3 |
| PUSHBUTTON- RENAULT | 3 | JIG | VOLVO RENAU LT | 12 | 25 | 30 | 4 |
| TRIMPLATE-INNER VOLVO TEA2+ | 12 | Blister | Volvo | 6 | 15 | 30 | 4 |
| TRIMPLATE- OUTTER VOLVO TEA2+ | 12 | Blister | Volvo | 6 | 15 | 30 | 4 |
| PUSHBUTTON- EJECT | 8 | Blister | Volvo | 6 | 15 | 30 | 5 |
| TRIMPLATE- CRHOME RING | 12 | Tabuleiro | Volvo | 6 | 15 | 30 | 4 |
| TRIMPLATE- SK35/LOW | 65 | Caixa Azul | SK 35 | 1 | 27, 5 | 30 | 3 |

| | | | | | | | |
|------------------------------|-----|------------|-----------|----|------|----|----|
| PUSHBUTTON-Skoda 35 Low | 1 | JIG | SK 35 | 12 | 27,5 | 30 | 11 |
| TRIMPLATE-SK46/LOW | 4 | Tabuleiro | SK 46 | 6 | 25 | 30 | 6 |
| BEZEL-CHROME,LARGE,S K46 | 3 | Blister | SK 46 | 5 | 25 | 30 | 10 |
| PUSHBUTTON-AS,PNTD | 1 | JIG | SK 46 | 12 | 25 | 30 | 12 |
| TRIMPLATE-SK35/MID | 65 | Caixa azul | SK 35 MID | 1 | 25 | 30 | 3 |
| BEZEL-CHROME,RIGHT,S K35 MID | 54 | Blister | SK 35 MID | 1 | 25 | 30 | 3 |
| BEZEL-CHROME,LEFT,SK35 MID | 54 | Blister | SK 35 MID | 1 | 25 | 30 | 3 |
| PUSHBUTTON-SK35 MID | 2 | JIG | SK 35 MID | 12 | 25 | 30 | 6 |
| TRIMPLATE-SK46/MID | 4 | Tabuleiro | SK 46 MID | 6 | 25 | 30 | 6 |
| BEZEL-CHROME,RIGHT,S K46 MID | 54 | Blister | SK 46 MID | 1 | 25 | 30 | 3 |
| BEZEL-CHROME,LEFT,SK46 MID | 54 | Blister | SK 46 MID | 1 | 25 | 30 | 3 |
| BEZEL-CHROME,LARGE,S K46 | 4 | Blister | SK 46 MID | 6 | 25 | 30 | 6 |
| PUSHBUTTON-EJECT/INSRT,PNTD | 2 | JIG | SK 46 MID | 12 | 25 | 30 | 6 |
| KNOB-SHUCK | 28 | JIG | SK 25 | 12 | 10 | 30 | 2 |
| KNOB-CAP ON/OFF | 48 | Blister | SK 25 | 3 | 10 | 30 | 3 |
| KNOB-CAP | 28 | JIG | SK 35 | 12 | 10 | 30 | 2 |
| KNOB-SHUCK | 12 | Blister | SK 35 | 6 | 10 | 30 | 5 |
| WHEEL CAP-TAMPOPRINTED | 48 | Blister | PSA | 3 | 10 | 30 | 3 |
| WHEEL-PAINTED | 15 | JIG | PSA | 12 | 10 | 30 | 2 |
| TRIMPLATE SK253 | 100 | Caixa azul | SK 253 | 1 | 78 | 30 | 2 |
| INNER COVER SK253 | 8 | Blister | SK 253 | 1 | 78 | 30 | 6 |
| COVER SK253 | 4 | Blister | SK 253 | 3 | 78 | 30 | 4 |

ANEXO VII – UTILIZAÇÃO DO FICHEIRO DE SEQUENCIAÇÃO DE MANIFESTOS

1- Quando o operador abre o ficheiro, é este o interface que encontra (Figura 40).

| | PRODUTO | PRODUÇÃO (HORA) | POSTO | PRODUÇÃO (1/2 HORA) | QTD P/MANIFESTO | Nº MANIFESTOS P/ ROTA | Nº MANIFESTOS P/ CHANGE OVER |
|--|-------------|-----------------|--------|---------------------|-----------------|-----------------------|------------------------------|
| | VW LOW | 110 | LINHA | 55 | 24 | 2,291666667 | 3 |
| | VW MID | 100 | LINHA | 50 | 24 | 2,083333333 | 3 |
| | FIAT B420 | 100 | LINHA | 50 | 24 | 2,083333333 | 3 |
| | SK 25 | 190 | LINHA | 95 | 24 | 3,958333333 | 4 |
| | SK 253 | 130 | GREASE | 65 | 24 | 2,708333333 | 3 |
| | SK 35/LOW | 120 | LINHA | 60 | 24 | 2,5 | 3 |
| | SK 46/LOW | 90 | LINHA | 45 | 24 | 1,875 | 2 |
| | SK 35/MID | 55 | GREASE | 28 | 24 | 1,166666667 | 2 |
| | SK 46/MID | 55 | GREASE | 28 | 24 | 1,166666667 | 2 |
| | RENAULT | 75 | LINHA | 38 | 24 | 1,583333333 | 2 |
| | VOLVO TEA2+ | 180 | LINHA | 90 | 24 | 3,75 | 4 |
| | | | | | | Limpar | |

Figura 40 - Interface do ficheiro de sequenciação de manifestos

2- O operador deve seleccionar o produto, confirmar a sua seleção e por fim introduzir a quantidade de lotes que pretende produzir (Figura 41).

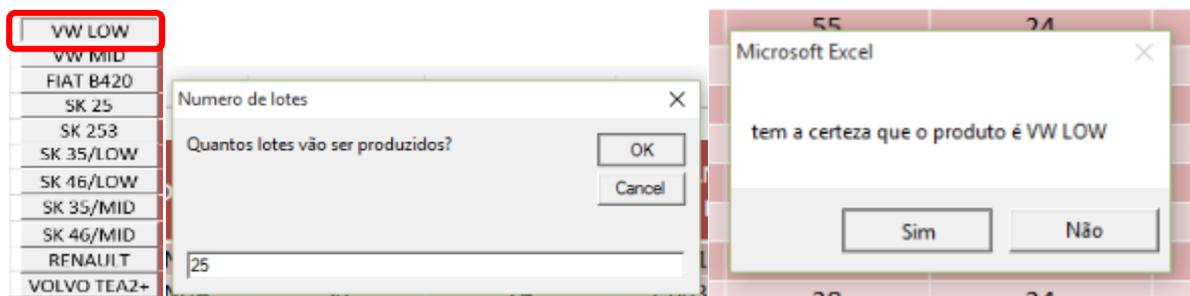


Figura 41 - Ficheiro de sequenciação de manifestos (escolha do produto)

3- Irá aparecer uma Tabela (Figura 42) que mostra a quantidade de manifestos a abastecer a cada rota. Esta quantidade de manifestos indica a sequência segundo a qual o operador PC&L deve colocar os manifestos no quadro da rota. Também é possível ver a evolução da quantidade de material existente na linha ao longo das diferentes rotas.

| PERIODO | C/O | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| EXISTENCIA INICIAL | 0 | 72 | 65 | 58 | 75 | 68 | 61 | 78 | 71 | 64 | 57 |
| PRODUÇÃO (1/2 HORA) | 0 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 |
| BLENDAS NA LINHA | 0 | 17 | 10 | 3 | 20 | 13 | 6 | 23 | 16 | 9 | 2 |
| MANIFESTOS A PREPARAR | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| BLENDAS A PREPARAR | 72 | 48 | 48 | 72 | 48 | 48 | 72 | 48 | 48 | 48 | 72 |

Figura 42 - Ficheiro de sequenciação de manifestos (tabela de resultados)

4- Por fim, na aba report (Figura 43), é possível criar um gráfico que mostra a evolução da quantidade de material na linha, através do botão nivelamento.

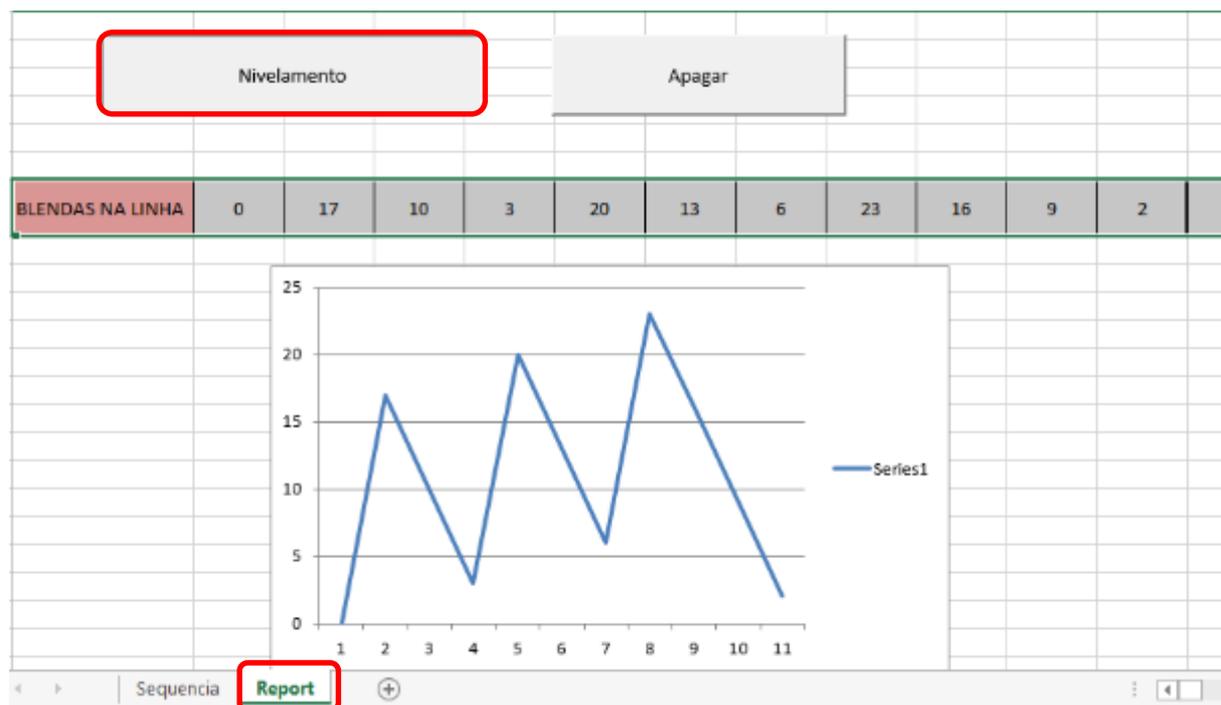


Figura 43 - Ficheiro de sequenciação de manifestos (gráfico de nivelamento)

ANEXO VIII – INSTRUÇÃO DE TRABALHO PARA A ROTA DE ABASTECIMENTO

DELPHI ELECTRONICS & SAFETY

BRAG WI 1191.00.xxx / Ver:xx

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Page 1 de 3

Effective Date: /Data Efectiva: 19/10/2015

Content Reviewed Date: /Data de Revisão: 19/10/2015

ROTA - MONTAGEM FINAL

19/10/2015

Processo / Modelo: ROTA - MONTAGEM FINAL

Lugar: MONTAGEM FINAL

Ref. Doc.: _____

Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>

MÃOS ESQUERDAS PARA MANUSEAMENTOS

Elementos

MÃO ESQUERDA

AMBAS AS MÃOS

MÃO DIREITA

Notas Importantes:
CASO VERIFIQUE A FALTA DE UM MATERIAL, COMUNIQUE IMEDIATAMENTE AO SEU CHEFE DE EQUIPA.
A ROTA REALIZA-SE DE 30 E M 30 MINUTOS E TEM UMA DURAÇÃO MÁXIMA DE 15 MINUTOS.

FOTO 1

1 - JIGS DE TECLAS
2 - TRIMPLATES
3 - MATERIAL DE COMPRA

FOTO 2

1 - INICIO/FIM DA ROTA
B - QUADRO "PLANEAMENTO DAS LINHAS DE MONTAGEM FINAL"
C - CARRO DE JIGS VAZIOS
D - CARRO CHANGE-OVER

FOTO 3

QUANDO PASSA PELOS POSTOS DE TRABALHO, O OPERADOR DA ROTA REALIZA AS OPERAÇÕES NA ORDEM SEGUINTE:

- ABASTECER O POSTO COM O RESPECTIVO MATERIAL PRESENTE NO CARRINHO.
- RECOLHER O JIGS VAZIOS QUE SE ENCONTRAM EM CADA POSTO E COLOCÁ-LOS NO CARRO DE JIGS VAZIOS.
- O OPERADOR DA ROTA É TAMBÉM RESPONSÁVEL POR EFETUAR O TRANSPORTE DOS TÁBULEIROS DE PEÇAS EM PROCESSO, ENTRE POSTOS.
- QUANDO PASSA PELO QUADRO DE "PLANEAMENTO DAS LINHAS DE MONTAGEM FINAL", O OPERADOR RETIRA OS MANIFESTOS QUE SE ENCONTRAM NOS ESPAÇOS O MAIS À ESQUERDA, RESPECTIVOS A CADA LINHA. (FOTO 2 & 3).
- DEPOIS DE REALIZAR AS TAREFAS AFETAS À ÁREA AZUL, O OPERADOR DIRIGE-SE À ÁREA VERMELHA ONDE RECOLHE AS QUANTIDADES DE TODO O MATERIAL NECESSÁRIO PARA A ROTA SEGUINTE.
- AS QUANTIDADES DE MATERIAL A PREPARAR ESTÃO INDICADAS EM CADA MANIFESTO. O OPERADOR SÓ RECOLHE OS MATERIAIS DE SEGUNDA O OPERADOR DEIXA O CARRO DA ROTA NO PONTO A DA ÁREA AZUL, E DÁ ESTA POR TERMINADA.

FOTO 4

- O MANIFESTO INDICA A QUANTIDADE DE CADA EMBALAGEM QUE O OPERADOR TEM DE RECOLHER.

- OS OPERADORES APENAS RECOLHEM OS MATERIAIS INDICADOS A NEGRITO.

- O MANIFESTO INDICA O TIPO DE EMBALAGEM EM QUE O MATERIAL A RECOLHER É ARMAZENADO.

Data: 19/10/2015

Função: Engenharia de Processo

Nome: Rémi Ferreira

Ass.:

Realizado por:

Verificado por:

19/10/2015

Gestão de Projectos

José Carreiras

QUANDO IMPRIMIDO, ESTE DOCUMENTO NÃO É CONTROLADO A MENOS QUE SEJA IDENTIFICADO COMO CONTROLADO PELO DCC (DOCUMENT CONTROL CENTER)

Figura 44 - Instrução de trabalho da rota de abastecimento