



Universidade de Aveiro Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial

2015

**PEDRO MIGUEL
SANTOS PEREIRA**

**PLANEAMENTO E EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS
PARA ABASTECIMENTO EM LINHAS DE
MONTAGEM NUMA EMPRESA DO RAMO
AUTOMÓVEL**



**PEDRO MIGUEL
SANTOS PEREIRA**

**PLANEAMENTO E EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS
PARA ABASTECIMENTO EM LINHAS DE
MONTAGEM NUMA EMPRESA DO RAMO
AUTOMÓVEL**

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica da Dr.^a Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho aos meus Avós (Maria Adília Simões de Oliveira e Arménio Rodrigues dos Santos) e à Fátima Fontes da Costa pela dedicação e apoio sempre demonstrados.

o júri

presidente

Professora Doutora Maria João Machado Pires da Rosa
Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da
Universidade de Aveiro

Professora Doutora Maria Antónia da Silva Lopes de Carravilla
Professora Associada do Departamento de Engenharia e Gestão Industrial da Faculdade de
Engenharia da Universidade do Porto

Professora Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos
Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da
Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agradeço à minha orientadora Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos, pela disponibilidade e profissionalismo demonstrado ao longo da realização deste projeto.

Agradeço ao Eng^o Luís Vara, pela oportunidade concedida de me inserir na empresa Renault CACIA, S.A., uma empresa com vasto conhecimento e recursos técnicos reconhecidos, bem como a todos os seus colaboradores que, direta ou indiretamente tornaram este projeto possível.

Agradeço aos Eng^{os} Nuno Pais e Tiago Silva, pelo acompanhamento realizado ao longo do desenvolvimento deste projeto.

Agradeço aos meus avós, por todo o esforço, dedicação e carinho incondicional com que me têm presenteado ao longo de toda a minha vida.

Agradeço aos meus amigos e colegas de estudo, João Lopes, Gil Pereira, Luís Delgado e Sara Duarte, pela entreaajuda conseguida ao longo do curso.

palavras-chave

Linhas de Montagem, Melhoria Contínua, Bordo de Linha, Sistema *Kanban*

resumo

O presente trabalho foi desenvolvido na empresa Renault CACIA e tem como fundamento a implementação de um fluxo de abastecimento com 4 horas de autonomia em todas as linhas de montagem no departamento de fabricação de componentes mecânicos. No entanto, estas linhas deverão ter condições para poder armazenar esse abastecimento, pelo que terão de ser implementadas estruturas que o suportem.

Com o objetivo de eliminar o excesso de *stock* existente na linha de montagem de bombas de óleo, a mais crítica da instalação, e as atividades que não acrescentam valor ao produto final, organizar o espaço disponível, melhorar as condições ergonômicas, propõem-se soluções que serão uma mais-valia para as empresas de fabricação.

Durante o desenvolvimento do trabalho foi realizado um estudo aprofundado da linha de montagem e dos problemas existentes no processo de abastecimento e, posteriormente, foi determinada a quantidade necessária de embalagens de componentes para a autonomia requerida. Recorreu-se à ferramenta CAD 3D, *Solidworks*®, para o planeamento das estruturas, e ao *software* de simulação *Arena*®, para testar o funcionamento da linha de montagem com a implementação das estruturas para abastecimento.

Verificaram-se melhorias conseguidas através da implementação das soluções sugeridas. A linha de montagem ficou mais organizada e arrumada, tendo-se reduzido cerca de 86,96% de *stock* global existente. Associado a este, existiam atividades realizadas pelo operador de montagem que não acrescentavam valor ao produto final, tendo-se obtido um incremento da produção na ordem de 1%.

keywords

Assembly Lines, Continuous Improvement, Border of The Line, Kanban System

abstract

This work was developed in the company Renault CACIA and is based on the implementation of a supply flow with 4 hours of autonomy in all assembly lines in manufacturing department of mechanical components. However, these lines should be able to store this power supply, so it must be implemented structures that support it.

In order to eliminate the excess stock on the assembly line of oil pumps, the most critical installation, and activities that do not add value to the final product, organize the available space, improving the ergonomic conditions, are proposed solutions that will be an added value for manufacturing companies. During the development work has been conducted a thorough study of the assembly line and the existing problems in the supply process and subsequently was determined the required amount of components required for packaging autonomy. It appealed to the 3D CAD tool, Solidworks®, for planning structures, and the Arena® simulation software, to test the operation of the assembly line with the implementation of supply for structures. There have been improvements achieved by implementing the suggested solutions. The assembly line became more organized and tidy, having reduced about 86.96% of total existing stock. Associated with this, there were activities of the assembly operator did not add value to the end product, yielding an increase in production in the order of 1%.

Índice

1. Introdução	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Caracterização do Problema	2
1.3. Objetivos.....	3
1.4. Metodologia.....	3
1.5. Estrutura do Documento	4
2. Enquadramento Teórico	5
2.1. Produção Lean.....	5
2.1.1. Desperdícios na Produção	7
2.1.2. Ferramenta 5S's.....	10
2.1.3. Ferramenta 5 Porquês	11
2.1.4. <i>Standard Work</i>	11
2.2. Filosofia Kaizen	12
2.3. Just-In-Time	13
2.4. Sistema Kanban.....	13
3. Apresentação da Empresa	15
3.1. Grupo Renault.....	15
3.2. Renault CACIA, S.A.	16
3.3. Localização	16
3.4. Produtos e Serviços	18
3.5. Clientes e Mercados	19
3.6. Organização Departamental	20
3.7. QRQC.....	21
4. Estudo Preliminar.....	23
4.1. Linha de Montagem (UET 3352).....	23
4.2. Análise Geral das Operações na Linha de Montagem BOK.....	24
4.3. Condições de Abastecimento nos Postos de Trabalho da Instalação	27
4.4. Análise e Identificação de Problemas na Linha de Montagem.....	29
4.4.1. Níveis Elevados de <i>Stock</i>	29
4.4.2. Ausência de Plataformas com Capacidade de Abastecimento nos Bordos de Linha para Autonomia de 4 Horas.....	31
4.4.2.1. Operação 110 (Posto N°1).....	31
4.4.2.2. Operação 130 (Posto N°4).....	32

4.4.3. Abastecimento à Linha de Montagem	33
4.4.4. Análise dos 5 Porquês	34
5. Desenvolvimento do Projeto	35
5.1. Propostas de Melhoria	35
5.2. Elaboração das Estruturas para Abastecimento	38
5.3. Planeamento do Sistema Kanban	40
5.4. Estudo das Soluções usando o Simulador Arena®	42
5.4.1. Dados de Entrada	42
5.4.2. Desenvolvimento do Modelo	44
5.4.3. Validação e Verificação do Modelo	47
5.4.4. Análise de Resultados da Simulação	48
5.4.5. Identificação do Recurso Gargalo.....	49
5.4.6. A Solução: Melhoria dos Sistemas para Abastecimento	50
5.4.6.1. Eliminação do Tempo de Abastecimento.....	50
5.5. Implementação das Propostas	51
5.5.1. Operação 110 (Posto N°1).....	51
5.5.2. Operação 130 (Posto N°4).....	52
5.5.3. Sistema Kanban.....	53
5.6. Análise de Resultados	54
6. Outros Trabalhos Efetuados.....	57
6.1. Eliminação de Desperdício	57
6.2. Melhorias na Ergonomia	59
6.3. Implementações 5S's	61
6.4. Implementação do Sistema Picking no Armazém.....	62
7. Conclusões e Perspetivas de Trabalho Futuro	65
Referências Bibliográficas	67
ANEXOS.....	69

Índice de Figuras

Figura 1 - Ilustração do problema	2
Figura 2 – O Sistema de Produção Toyota (adaptado de Liker (2004))	6
Figura 3 - Locais de produção Renault (fonte: CACIA)	15
Figura 4 - Instalações da Renault CACIA	16
Figura 5 - Localização da CACIA	17
Figura 6 – Distribuição global dos clientes da Renault CACIA (fonte: Renault CACIA)	19
Figura 7 – Proporção do volume de negócio (Produção) (fonte: Renault CACIA)	19
Figura 8 - Organigrama geral da Renault CACIA	20
Figura 9 - Organização da produção (fonte: CACIA)	20
Figura 10 - Layout da CACIA	23
Figura 11 - Paleta de apoio para Corpo e Tampa	24
Figura 12 - Esquema da bomba de óleo K (fonte: Renault CACIA)	25
Figura 13 - Layout da linha de montagem BOK	27
Figura 14 - Proporção média (diária) da quantidade de embalagens nas bases rolantes	29
Figura 15 - <i>Stock</i> acumulado em bases rolante na zona operacional	30
Figura 16 - <i>Stock</i> acumulado em bases rolantes na zona de maquinaria	30
Figura 17 - Posto 1 da linha de montagem BOK	31
Figura 18 - Base de Pinhão K	32
Figura 19 - Posto 4 da linha de montagem BOK	32
Figura 20 - <i>Charlatte</i>	33
Figura 21 - Abastecimento do operador no posto 1	33
Figura 22 - Análise dos "5 Porquês"	34
Figura 23 - Sistema de Abastecimento Automático (Crepine+Filtro+Monobloco)	36
Figura 24 - Estantes em tubo <i>Trilogic</i> (Eixo Curto + Eixo Longo + Pinhão)	37
Figura 25 - Planeamento 3D dos reservatórios (Freio+Tampão) + Estante (Tampão)	37
Figura 26 - Zona reservada para a montagem das estruturas	39
Figura 27 - Identificação das estantes	39
Figura 28 - Fluxograma do modo de funcionamento do Sistema <i>Kanban</i>	40
Figura 29 - Kanban para modelo K70	41
Figura 30 – Dados de entrada ajustados à distribuição empírica	42
Figura 31 - Dados de entrada do processo	43
Figura 32 – <i>Failure module</i>	43
Figura 33 - Modelo lógico usando o software <i>Arena®</i>	44
Figura 34 - <i>Create module</i> para 4 horas de autonomia	45
Figura 35 - <i>Create module</i> para 8 horas de autonomia	45
Figura 36 – <i>Create module</i> para 16 horas de autonomia	45
Figura 37 - <i>Statistic module</i> para as embalagens dos componentes	46
Figura 38 – Animação do modelo de simulação	46
Figura 39 – <i>Outputs</i> resultantes	48
Figura 40 – Tempos de inatividade na operação 110	48
Figura 41 - <i>Frequencies report</i>	48
Figura 42 - <i>Conveyor usage report</i>	49
Figura 43 - <i>Schedule utilization report</i>	49
Figura 44 - <i>Number waiting process report</i>	49
Figura 45 - <i>Outputs</i> resultantes do modelo otimizado	50
Figura 46 – Utilização dos recursos e unidades em filas de espera	50

Figura 47 - Implementação das estantes no posto 1	51
Figura 48 - Implementação de sistema automático e pneumático	52
Figura 49 - Implementação de carrinho + reservatório + alimentador de molas	52
Figura 50 - Implementação do <i>Kanban</i>	53
Figura 51 – Comparação da quantidade média (diária) de embalagens	55
Figura 52 – Estado inicial e final da linha de montagem BOK após a implementação do projeto	55
Figura 53 - Implementação de estante na linha de montagem do M1D	57
Figura 54 - Substituição de guias laterais na linha de montagem da Tampa da Culassa.....	58
Figura 55 - Aumento da capacidade de abastecimento para 4 horas de autonomia na linha de montagem da Tampa da Culassa	58
Figura 56 - Implementação na linha de montagem BOCV (UET 3290)	59
Figura 57 - Implementação na linha de montagem BOK para maquinaria de BOCV	60
Figura 58 – Estrutura para a linha de montagem BSE	60
Figura 59 - Implementação dos 5S's na zona reservada à construção das estruturas para o projeto	61
Figura 60 - Implementação 5S's na linha de montagem BOK	61
Figura 61 - 5S's na linha de montagem M (UET 3381).....	62
Figura 62 - Implementação de calhas para zona de <i>picking</i> no armazém para as linhas BOK, BOCV, AEQ, F e M.....	62
Figura 63 - Estrutura FIFO para <i>picking</i> do armazém para as linhas F e G	63

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Produtos da Renault CACIA.....	18
Tabela 2 - Dados informativos da CACIA	21
Tabela 3 - Modelos da bomba de óleo K	24
Tabela 4 - Análise global do processo de fabrico da bomba de óleo K	26
Tabela 5 - Descrição global dos componentes e capacidades existentes na linha de montagem.	28
Tabela 6 - Espaço ocupado por bases rolantes e do <i>stock</i> de embalagens.....	29
Tabela 7 - Descrição geral das soluções propostas.....	35
Tabela 8 - Orçamentos Elaborados.....	38
Tabela 9 - Tempos de inatividade na linha de montagem.....	41
Tabela 10 - Comparação dos <i>outputs</i> do sistema real com o sistema simulado.....	47
Tabela 11 - Melhorias relativas à quantidade de <i>stock</i> existente na linha de montagem BOK	54

Lista de Acrónimos

AEQ – Árvore de Equilibragem
BOCV – Bomba de Óleo de Cilindrada Variável
BOK – Bomba de Óleo K
BR – Base Rolante (atrelado do comboio logístico)
Bordo de Linha – Localização dos componentes necessários à operação na linha de montagem
C.A.C.I.A. – Companhia Aveirense de Componentes para a Indústria Automóvel
Charlatte – Carro elétrico
CM – Componentes Mecânicos
CV – Caixas de Velocidades
FIFO – *First In, First Out*
JIT – *Just In Time*
Mizusumashi – Comboio logístico
Muda - Desperdício
QRQC - *Quick Response Quality Control*
SPR - *Système de Production Renault* (Sistema de Produção Renault)
Takt Time – Termo alemão, que traduz o ritmo de um sistema de produção.
TPS – *Toyota Production System* (Sistema de Produção Toyota)
UET – *Unité Élémentaire de Travail* (Unidade Elementar de Trabalho)
WIP – *Work In Progress* (Trabalho em Curso)

1. Introdução

1.1. Contextualização

Presentemente tem-se assistido a um elevado crescimento, da procura a nível global, na indústria do sector automóvel e, conseqüentemente, as empresas deste ramo têm-se tornado mais ágeis e flexíveis, procurando dar uma resposta atempada às constantes mudanças de mercado e às exigências dos clientes. A diversidade de exigências dos clientes enquadra-se nos maiores desafios que cada empresa tem sido obrigada a enfrentar, aumentando assim a diversidade de automóveis fabricados a curto prazo, através da implementação de linhas de montagem de “modelos-mistos”.

As linhas de montagem de “modelos-mistos”, segundo Al-e-hashem & Aryanezhad (2009) são utilizadas em grande escala nas indústrias de fabricação para responder à procura diversificada dos consumidores, não sendo necessário sustentar elevados níveis de *stock* do produto. O sequenciamento dos produtos a serem montados numa linha de montagem de “modelos-mistos” é reconhecido como um importante trabalho para a melhoria do seu desempenho.

Um dos mais importantes tipos de desperdício numa instalação fabril é o manuseamento de materiais, no caso de existirem diferentes modelos de produtos. Alnahhal & Noche (2013) referem que, se esses modelos de produtos são montados numa mesma linha de produção e com um tempo de *setup* relativamente baixo, deverão ser usadas linhas de montagem de “modelos-mistos”. Isto requer um abastecimento muito diversificado de componentes nos diferentes postos de trabalho, em que a quantidade necessária de componentes em cada posto, num curto espaço de tempo, é relativamente baixa. Em geral, as zonas próximas dos postos de montagem são muito reduzidas, pelo que não são suficientes para manter um elevado nível de inventário.

Por vezes, o processo de abastecimento, usando o *mizusumashi* ou “comboio logístico”, é baseado na utilização do sistema *kanban* para “informar” o operador logístico da quantidade de embalagens que deverão ser entregues em cada rota que realiza e em cada posto que ele visita. No entanto, noutros casos, a procura durante o turno de trabalho é conhecida exatamente, antes do início do turno, com base numa sequência pré-determinada de modelos do produto, em que cada modelo tem uma certa procura de componentes em cada posto, segundo o qual é montado.

Globalmente, a indústria automóvel percorre um longo e árduo caminho para aumentar a sua produtividade e simplificar cada um dos modos operatórios, melhorando continuamente o seu sistema de produção. Por esta razão, Jainury, *et al.* (2013) referem uma atividade de melhoria denominada por SPS (*Set Parts Supply*), ou seja, definir o abastecimento de componentes. Esta atividade utiliza o conceito de *Just In Time* (JIT) com uma diversidade de ferramentas, técnicas e princípios *Lean* para resolver os problemas nas linhas de montagem.

Uma forma de contornar o desafio perante o crescimento da variedade de tecnologias, processos e sistemas de fabricação, será através da Produção *Lean*, que necessita do envolvimento da melhoria contínua (*Kaizen*) na redução do desperdício ou atividades que não acrescentam valor, uma vez que a Produção *Lean* é um sistema integrado com práticas de JIT. Jainury *et al.* (2012) concluem que isto permite que os componentes certos sejam entregues na quantidade certa, no momento certo, e ao mesmo tempo que a empresa necessite de cumprir as exigências dos seus clientes, com a qualidade perfeita, através da redução de custos dos inventários e de gestão da produção.

Este projeto surgiu da necessidade de criar fluxos de abastecimento em linhas de montagem de componentes para motores, particularmente na fabricação de bombas de óleo para o sector automóvel, e como tal, implementar sistemas que se adaptem a estes fluxos. O mesmo será realizado e implementado na empresa Renault CACIA, S.A., mais precisamente no Departamento de Fabricação de Componentes Mecânicos – Atelier 3.

1.2. Caracterização do Problema

Como problema crucial, nestas linhas de montagem, foi identificado um excesso de *stock* de abastecimento de componentes necessários para a montagem das bombas de óleo, acumulado em bases rolantes junto dos bordos de linha.

Ao longo do processo de fabrico das bombas de óleo são introduzidos vários componentes, sendo estes repartidos por cada posto da linha de montagem. Esta ação é feita manualmente, pelo operador, tendo igualmente uma vertente automática desenvolvida por postos automatizados. O facto de não haver nenhum fluxo de abastecimento destes componentes implica que o responsável pelo abastecimento não detenha nenhum meio de planeamento dos pedidos de entrega, os quais são feitos via telefone pelo condutor de linha ou por via da gestão visual do próprio operador logístico, ou seja, o abastecimento é feito de forma empírica e com períodos irregulares de entrega. Isto origina uma acumulação excessiva de *stocks* de abastecimento, que se manifesta numa área total ocupada elevada, que poderá ser libertada.

O abastecimento logístico das linhas é efetuado por um *charlatte* (carro elétrico utilizado em operações logísticas) que transporta bases rolantes, desde o armazém até às linhas de montagem, onde são colocadas as embalagens dos componentes a abastecer. No entanto, o operador logístico somente abastece alguns postos, ou seja, postos que já possuem plataformas dimensionadas para as necessidades de produção, pelo que as restantes atividades de abastecimento são realizadas pelo condutor de linha ou pelo operador de montagem.

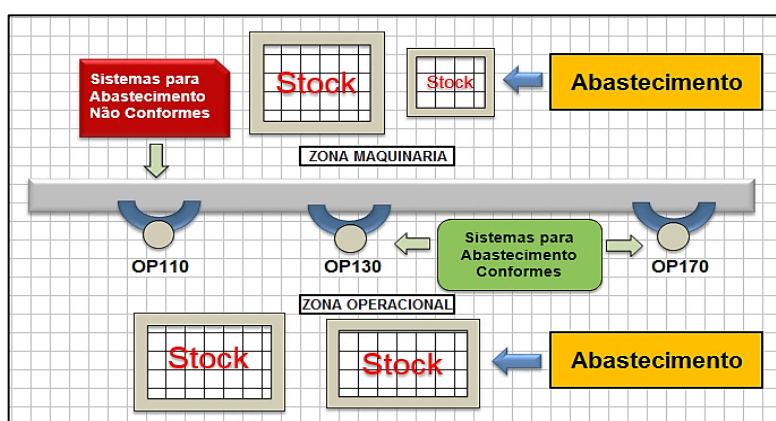


Figura 1 - Ilustração do problema

A Figura 1, de forma simplificada ilustra o problema encontrado no início deste projeto. Devido a este excesso de *stock* de embalagens, o FIFO nunca é respeitado, uma vez que estas estão empilhadas umas por cima das outras.

1.3. Objetivos

Os objetivos principais e específicos do trabalho aqui apresentado são:

- Racionalizar os *stocks* de abastecimento na linha de montagem:
 - Determinar as necessidades de produção para cada posto de trabalho conferindo-lhe uma autonomia de 4 horas;
 - Eliminar a presença de bases rolantes na linha de montagem.
- Garantir um ritmo contínuo das atividades de montagem:
 - Eliminar as operações de abastecimento realizadas pelo condutor de linha e operador de montagem;
 - Facilitar o acesso dos operadores aos componentes ao longo do processo de montagem das bombas de óleo.

1.4. Metodologia

Como metodologia a aplicar irá ser realizada uma análise dos abastecimentos nas linhas de montagem, bem como a utilização de ferramentas necessárias para a tomada de decisão de soluções a implementar.

Numa primeira fase pretende-se analisar a situação da linha de montagem do produto em questão, desde o abastecimento de brutos, à sua embalagem e expedição, ou seja, perceber todas as operações nela envolvidas, o número de postos de trabalhos, a quantidade de componentes necessárias para a montagem da bomba de óleo e respetivas referências, o nível de *stock* existente e o modo de execução do abastecimento. Recorreu-se também ao estudo dos dossiês de processo e produto disponibilizados pela empresa.

Após a identificação da totalidade dos elementos que integram o processo de fabrico de bombas de óleo serão usadas folhas de cálculo para estimar o número de embalagens necessárias para uma autonomia de 4 horas de produção. Pretende-se que esta autonomia seja implementada em estruturas/plataformas físicas nos respetivos postos de operação, facilitando assim o acesso aos componentes por parte dos operadores, devendo estes apenas concentrar-se na montagem e não em atividades que não acrescentam valor. Para o planeamento destas estruturas/plataformas físicas, serão tidas em conta a quantidade, bem como as dimensões das embalagens necessárias para uma autonomia de 4 horas de produção.

No desenvolvimento deste trabalho, as plataformas físicas e as embalagens que armazenam os componentes serão modeladas em *SolidWorks®*, para um correto dimensionamento e uma mais fácil interação com o espaço disponível para a sua implementação, fazendo assim uma boa gestão do espaço utilizado. De seguida será elaborado um inventário de todos os materiais existentes na instalação para a construção dessas plataformas, e posteriormente será realizado um caderno de encargos para eventuais materiais a encomendar. Recorreu-se também ao simulador *Arena® Software* para verificar o recurso gargalo do sistema, bem como uma possível melhoria com a implementação na linha de montagem de sistemas adaptados a uma autonomia de 4 horas.

Após a implementação de todas as estruturas necessárias para uma produção eficiente de 4 horas, poderá ser empregue em conjunto uma lógica de sistema *kanban* por caixa vazia, ou seja, através do número de embalagens vazias na plataforma, o operador logístico retira uma "nota de encomenda" correspondente à quantidade de embalagens vazias. Nesta nota será discriminado o

número de referência e o nome dos componentes, os postos onde estas deverão ser abastecidas e o número necessário de embalagens a abastecer.

Para verificar se estas soluções foram bem-sucedidas serão adotados como indicadores de desempenho deste projeto os níveis de *stock* de componentes e a quantidade de bombas de óleo produzidas, antes e após as soluções propostas utilizando desta forma o auxílio de ferramentas estatísticas. Estes níveis de *stock* serão medidos ao fim de 4 horas de produção, durante um turno de trabalho. Por fim, será necessário o *feedback* dos colaboradores, permitindo a correção de eventuais falhas de implementação do projeto.

1.5. Estrutura do Documento

Ao longo do desenvolvimento deste projeto será realizada uma alusão teórica a temas de relevante importância, sendo de destacar a filosofia *Lean*, a ferramenta *Kaizen* de melhoria contínua, o sistema *kanban*, entre outros.

Este relatório de projeto é constituído por 7 capítulos organizados da forma que se refere em seguida. No Capítulo 1 é introduzido o tema do projeto, assim como os principais objetivos e a metodologia adotada para a sua realização. O Capítulo 2 diz respeito ao enquadramento teórico deste projeto baseado na Produção *Lean* e no pilar da filosofia *Kaizen*. No Capítulo 3 é apresentada a Empresa onde este projeto decorreu e no Capítulo 4 é introduzida e aprofundada a análise do abastecimento à linha de montagem. No Capítulo 5 são apresentadas as soluções propostas para resolver os problemas identificados e analisadas as melhorias conseguidas. O capítulo 6 é dedicado à descrição de outros trabalhos efetuados na organização. Finalmente, no Capítulo 7 são apresentadas as principais conclusões do projeto e as perspetivas de trabalho futuro.

2. Enquadramento Teórico

Neste capítulo serão abordados temas que se tornaram preponderantes para a realização do projeto, tal como, a Produção *Lean*, a filosofia *Kaizen* e o *Just-In-Time*, com particular ênfase nas ferramentas que serão utilizadas no trabalho prático.

2.1. Produção *Lean*

O conceito de Produção *Lean* surgiu no Japão, e o sistema de produção Toyota (TPS) foi o primeiro a utilizar práticas de *Lean*. O conceito fundamental de Produção *Lean*, segundo Gupta & Jain (2013), é fornecer um produto de qualidade e, ao mesmo tempo, garantir que este não é demasiado caro para o cliente. Os mesmos autores referem que a Produção *Lean* ajuda na melhoria dos processos de fabrico, impulsionando o grau de satisfação dos colaboradores com o seu local de trabalho.

O TPS foi desenvolvido e promovido pela *Toyota Motor Corporation*, e tem sido adotado por muitas empresas japonesas. O principal objetivo deste sistema, segundo Monden (1998), é eliminar os vários tipos de desperdício ocultos dentro de uma empresa através das atividades de melhoria, de modo a garantir que toda a produção acompanhe a velocidade de vendas do mercado. O mesmo autor considera ainda que existem diferenças consideráveis entre a Produção *Lean* e a produção tradicional. O conceito de produção tradicional concentra-se no inventário do sistema, enquanto que o *Lean* considera o inventário como um desperdício na organização, focando assim o seu objetivo final na eliminação de desperdícios. Entende-se por desperdício como algo que não acrescenta qualquer valor a um produto. O principal objetivo de um sistema de Produção *Lean* é produzir produtos de qualidade superior, com o menor custo possível e no menor tempo através da eliminação do desperdício.

Quando a Produção *Lean* é implementada com sucesso, tem-se como resultado um aumento no volume de produção por pessoa e uma redução no *stock* de produto acabado e em curso de fabrico.

Monden (1998) refere que um fluxo contínuo de produção, ou adaptação às variações da procura em quantidade e variedade, é criado através da obtenção de dois conceitos chave: *Just-in-time* e *Jidoka*. Estes dois conceitos são os pilares do TPS. O diagrama "Casa do TPS" representado na Figura 2, tornou-se um dos símbolos mais reconhecidos na fabricação moderna. Segundo Liker (2004), é usada uma casa, pois trata-se de um sistema estrutural. A casa só é forte se o telhado, os pilares e os alicerces forem fortes. Uma ligação fraca enfraquece todo o sistema. Existem diferentes versões da casa, mas os princípios básicos permanecem os mesmos.

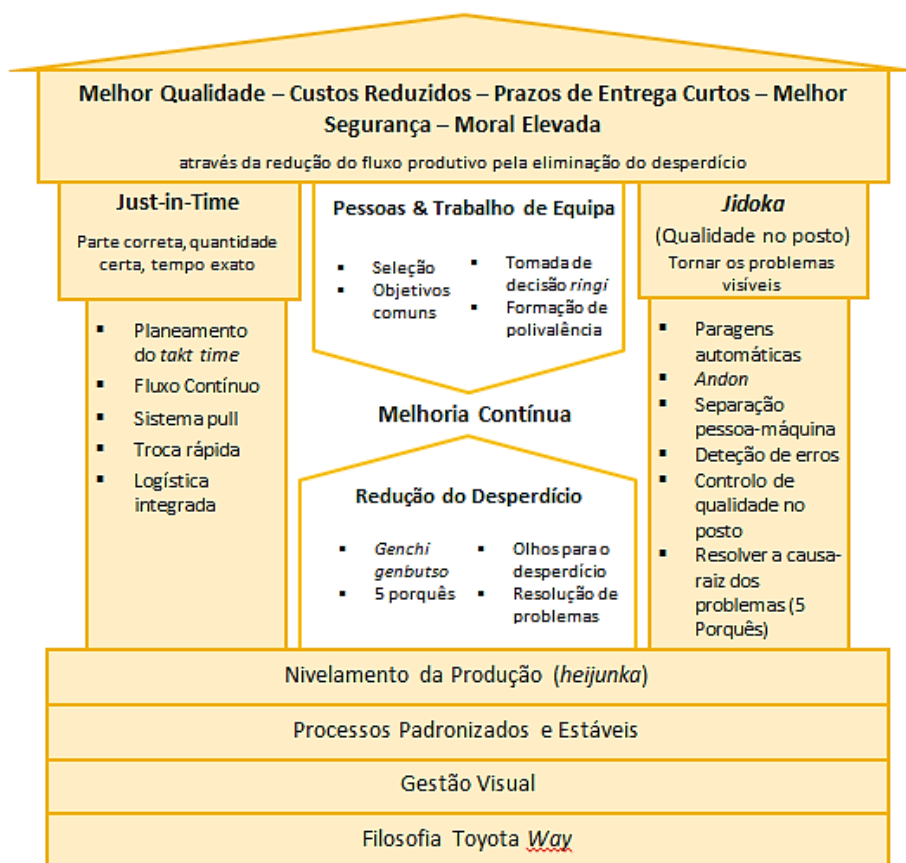


Figura 2 – O Sistema de Produção Toyota (adaptado de Liker (2004))

Em algumas versões do modelo "casa", várias das filosofias *Toyota Way* são adicionadas aos alicerces, tal como o "respeito pela humanidade." A Toyota nunca vai sacrificar a segurança dos seus colaboradores para a produção, pois a eliminação de desperdícios não implica criar práticas de trabalho inseguras e de *stress*.

Gupta & Jain (2013) apresentam quatro passos para a implementação da Produção *Lean*.

- *Identificação de desperdícios no sistema.* Muitas organizações precisam de saber que têm muitos desperdícios ocultos e não ocultos nos seus sistemas.
- *Reconhecer os tipos de desperdício presentes na organização e as suas causas.* A Produção *Lean* baseia-se no tratamento das causas e na resolução dos problemas de forma permanente. Existem várias ferramentas e técnicas que são bastante úteis na redução ou eliminação destes tipos de desperdícios.
- *Encontrar a solução para as causas identificadas.* É preciso manter a conceitos básicos do *Lean* e identificar as causas. Focalizar-se apenas nas causas poderá não ajudar apropriadamente, portanto há uma necessidade de identificar os efeitos da solução em todo o sistema.
- *Definir as soluções e testar essas soluções em primeiro lugar.* Uma vez que as soluções são testadas, em seguida devem ser implementadas.

A formação e acompanhamento são importantes em todos os passos acima explicados. É preciso ser paciente, pois o processo de implementação poderá demorar muito tempo.

Shah & Ward (2007) realizaram uma pesquisa, propondo uma definição conceitual da Produção *Lean*, que capta a natureza integrada dos sistemas *Lean*. Esta definição inclui tanto as

pessoas como os componentes do processo, bem como os componentes internos (relacionados à empresa) e externos (relacionados ao fornecedor e cliente). Neste sentido, a definição de produção *Lean* destaca mecanismos necessários para atingir o objetivo central de eliminação do desperdício.

Especificamente, Shah & Ward (2007) caracterizaram a Produção *Lean* em 10 dimensões distintas, na tentativa de resolver a vasta gama confusa de conceitos existentes na literatura:

1. *Feedback para o Fornecedor* – fornecer um *feedback* regular aos fornecedores sobre o seu desempenho.
2. *JIT Entrega pelos Fornecedores* – garantir que os fornecedores entregam a quantidade certa, na hora certa e no lugar certo.
3. *Desenvolvimento dos fornecedores* – ajudar os fornecedores a melhorarem os seus processos para que possam estar mais envolvidos no processo de produção da empresa.
4. *Envolvimento dos Clientes* – foco nos clientes da empresa e nas suas necessidades.
5. *Pull* – facilitar a produção JIT incluindo o uso de cartões *kanban*, que servirão como um sinal para iniciar ou parar a produção.
6. *Fluxo Contínuo* – estabelecer mecanismos que viabilizam e facilitam o fluxo contínuo de produtos.
7. *Redução dos Tempos de Setup* – reduzir o tempo inativo dos processos na troca de produtos.
8. *TPM (Total Productive/Preventive Maintenance)* – afetar os tempos de inatividade dos equipamentos através da manutenção produtiva total e, assim, alcançar um alto nível de disponibilidade do equipamento.
9. *SPC (Statistical Process Control)* – assegurar que cada processo irá fornecer unidades sem defeitos para o processo subsequente.
10. *Envolvimento dos Colaboradores* – valorizar o papel dos colaboradores na resolução dos problemas.

A implementação da Produção *Lean* numa empresa, por vezes torna-se uma tarefa de difícil execução. Devido à compreensão inadequada da finalidade das ferramentas existentes na Produção *Lean*, tem-se como resultado vários erros de aplicação destas ferramentas. Mediante esta situação, Pavnaskar, *et al.* (2003) propuseram um esquema de classificação que servirá de ligação entre os problemas de desperdícios fabris e as ferramentas de Produção *Lean*. Assim, as empresas poderão fazer face aos seus desperdícios de produção com as ferramentas *Lean* mais adequadas.

2.1.1. Desperdícios na Produção

Qualquer atividade num processo que não agrega valor para o cliente é chamada de “desperdício”. Melton (2005) salienta que por vezes, o desperdício é uma parte necessária do processo e que agrega valor para a empresa, e este não pode ser eliminado, por exemplo, os controlos financeiros.

A Toyota identificou sete principais tipos de desperdício sem valor acrescentado em processos produtivos, os quais são descritos em seguida. Liker (2004) inclui um oitavo desperdício.

1. *Excesso de Produção* – Produzir unidades para as quais não há ordens de fabrico que, por consequência, gera desperdício, tal como o excesso de pessoal e os custos de armazenamento e transporte devido ao excesso de inventário.
2. *Espera* – Operadores estando simplesmente a ver uma máquina automática em operação, ou terem que ficar à espera da próxima etapa de processamento, ferramentas, abastecimento, peças, etc., ou simplesmente não terem nenhum trabalho devido à falta de existências, muitos atrasos de processamento, tempo de inatividade, e gargalos de capacidade.
3. *Transporte Desnecessário* – Longas distâncias no transporte de material em curso de fabrico (WIP), originam transporte ou movimentação ineficiente de materiais, peças ou produtos acabados para dentro ou fora dos locais de armazenamento ou entre processos.
4. *Processamento desnecessário ou incorreto* – Tomar medidas desnecessárias para processar as peças. Processamento ineficiente devido a uma má ferramenta e conceção de produto, causando movimento desnecessário e produzindo defeitos. O desperdício é gerado quando é realizado mais fornecimento de produtos de alta qualidade do que o que é necessário.
5. *Excesso de Inventário* – Excesso de matéria-prima, WIP, ou produtos acabados, causando longos prazos de entrega, obsolescência, mercadorias danificadas, custos de transporte e de armazenamento, e atrasos. Além disso, o inventário extra esconde alguns problemas, como os desequilíbrios de produção, atrasos nas entregas dos fornecedores, defeitos, o tempo de inatividade dos equipamentos, e longos tempos de *setup*.
6. *Movimento Desnecessário* – Qualquer movimento desperdiçado que os colaboradores têm de realizar durante a sua atividade laboral, como procurar, alcançar, ou o empilhamento de peças, ferramentas, etc. Além disso, caminhar é considerado desperdício.
7. *Defeitos* – Produção ou correção de peças defeituosas. Reparação ou retrabalho, sucata, produção de substituição e inspeção, significam desperdício de manuseamento, tempo e esforço.
8. *Inutilização da Criatividade dos Colaboradores* – Perda de tempo, ideias, competências, melhorias e oportunidades de aprendizagem, pelo facto de não se envolverem nem se ouvirem os colaboradores.

De acordo com Gupta & Jain (2013), todos estes desperdícios têm um impacto direto no desempenho, qualidade e custos, e estas são todas as operações sem valor acrescentado, para as quais os clientes não querem pagar. Vários estudos e pesquisas mostram que apenas há valor acrescentado em cerca de 5% do tempo, durante as operações, sendo que os restantes 95% são desperdícios. A implementação da Produção *Lean* tenta remover esses 95% de tempo perdido.

Segundo Monden (1998), a redução de custos e o aumento da produtividade são alcançados através da eliminação dos diversos desperdícios, como o excesso de inventário e mão-de-obra. Refere ainda que, só em operações de produção podem ser encontrados quatro tipos de desperdícios:

- Excesso de recursos;
- Excesso de produção;
- Excesso de inventário;
- Investimento desnecessário de capital.

Numa primeira instância, o desperdício nos locais de trabalho refere-se basicamente à existência de excesso de recursos de produção, nomeadamente o excesso de mão-de-obra, o excesso de meios e o excesso de inventário. Quando estes elementos existem em quantidades mais do que necessárias, sejam eles pessoas, equipamentos, materiais ou produtos, apenas agravam os custos e não adicionam valor. Por exemplo, quando prevalece um excesso de mão-de-obra, conduz a custos operacionais supérfluos; ter excesso de meios conduz a custos de depreciação supérfluos; e ter um excesso de inventário conduz a interesses supérfluos.

Além disso, o excesso de recursos de produção origina um segundo desperdício, o excesso de produção, que foi considerado pela Toyota como o pior tipo de desperdício. Excesso de produção é continuar a trabalhar quando as operações essenciais devem ser interrompidas. Isto provoca um terceiro tipo de desperdício encontrado em instalações fabris, o excesso de inventário. Um inventário extra cria a necessidade de mais recursos humanos, equipamentos, e um espaço físico para transportar e armazenar o inventário. Assim sendo, estes empregos extra irão tornar o excesso de produção "invisível", tornando-se num desperdício oculto.

Devido aos três desperdícios identificados anteriormente motivam um quarto tipo de desperdício, o investimento desnecessário de capital. Este quarto tipo de desperdício inclui:

- Construir um armazém para armazenar o inventário extra;
- Contratar pessoal complementar para transportar o inventário para o novo armazém;
- Compra um empilhador para cada transportador;
- Contratar um funcionário para o controlo de inventário para operar no novo armazém;
- Contratar um operador para reparar o inventário danificado;
- Estabelecer processos para gerir condições e quantidades dos diferentes tipos de inventário;
- Contratar uma pessoa para realizar o controlo computadorizado do inventário.

Estas quatro fontes de desperdício também aumentam os custos administrativos, os custos diretos de material, custos de mão-de-obra diretos ou indiretos, e custos gerais como os de depreciação, entre outros.

Uma vez que o excesso de mão-de-obra é o primeiro desperdício que ocorre no ciclo e que parece dar origem aos desperdícios subsequentes, é de grande importância tentar primeiro reduzir ou eliminar este desperdício.

De um excesso de mão-de-obra resulta o tempo de inatividade (tempo de espera ou pessoas paradas). Resolvendo este problema, as operações de trabalho poderão ser reatribuídas de forma a diminuir o número de operadores, o que resulta na redução de custos operacionais.

2.1.2. Ferramenta 5S's

Os 5S's é uma metodologia de classificação, organização, limpeza, padronização e manutenção de um ambiente de trabalho produtivo. Aumento dos níveis de segurança, limpeza de espaço de trabalho, o aumento da produtividade e manutenção preventiva são alguns dos resultados de um programa 5S's.

Segundo Black & Hunter (2003), a Toyota desenvolveu a estratégia dos 5S's para descrever mais detalhadamente o que se entende por "serviço de limpeza" . Os 5S's são os seguintes:

1. **Seiri (organização):** Analisar o que está disponível para cada tarefa, determinar o que é necessário para a completar e descartar o que é desnecessário. Qualquer elemento adicional, constitui um desperdício.
2. **Seiton (arrumação):** Uma vez que um requisito mínimo é determinado, deve haver "um sítio para tudo e tudo no seu sítio". Atribuir um local para os componentes essenciais. Tornar o local de trabalho autoexplicativo para que todos tenham conhecimento do que vai para onde. Eliminar a confusão e o tempo perdido associado à procura de componentes fora do seu devido lugar.
3. **Seiso (limpeza):** Uma vez que o local de trabalho está organizado e as disposições estão completas, as ferramentas devem ser mantidas limpas e de fácil obtenção, evitando assim a desorientação ou a perda de tempo. Se algo correr mal, deverá estar disponível uma ferramenta de substituição, em boas condições de funcionamento, armazenada onde facilmente poderá ser encontrada.
4. **Seiketsu (higiene):** O ambiente de trabalho deve estar o mais limpo possível. A higiene geralmente complementa os outros aspetos de um "serviço de limpeza" detalhado. A organização eficaz e a arrumação do trabalho são reforçadas, mantendo toda a área o mais limpa possível, especialmente o chão.
5. **Shitsuke (autodisciplina):** Os quatro S's acabados de descrever, devem ser prosseguidos com uma disciplina rigorosa. As regras devem ser seguidas e tornarem-se parte da rotina diária. Afigura-se que o quinto S será o mais difícil de implementar. As áreas de trabalho, as ferramentas e os processos começam como organizados, arrumados e limpos, mas com o decorrer do tempo, o local de trabalho torna-se confuso e deteriora-se. Todos os sistemas se degradam com o tempo, a menos que sejam mantidos. A disciplina diária realça extremamente a ferramenta 5S's.

Os 5S's ajudam a identificar áreas problemáticas e desperdício. No entanto, a Produção *Lean* depende do envolvimento ativo de todos os indivíduos. Assim, cada membro da empresa deverá seguir os princípios dos 5S's, antes de os resultados serem conhecidos, e mantê-los diariamente.

Neste método de melhoria, Liker (2004) reafirma que o quinto S é sem dúvida o mais difícil de executar. É o que mantém os primeiros quatro S's, pois enfatiza a educação, formação e recompensas necessárias para incentivar os trabalhadores a melhorar e a manter adequadamente os modos operatórios e o ambiente de trabalho, de forma contínua. Este esforço requer uma combinação de uma gestão comprometida, uma formação adequada e uma cultura que faz sustentar a melhoria como um comportamento habitual do nível operacional ao nível estratégico.

De acordo com Gupta & Jain (2013) os 5S's é a ferramenta básica de partida usada para tornar as empresas organizadas e padronizadas.

2.1.3. Ferramenta 5 Porquês

Após a identificação de onde foi localizado o desperdício, ao longo do sistema, Chen & Shady (2010) afirmam que é importante identificar a causa da raiz do desperdício, de forma a poder reduzir ou removê-lo.

O método dos "5 porquês" é um processo que começa com a identificação de um problema específico e escrevê-lo num pedaço de papel. Isto é seguido por questionar o porquê de o problema ter acontecido, e escrever a resposta por baixo de onde o problema foi escrito. Se a resposta dada não identificar a causa da raiz do problema, os engenheiros continuam a questionar o porquê, até que a causa da raiz do problema seja identificada.

Embora que pelo nome da ferramenta implique questionar o porquê num total de cinco vezes, algumas situações exigem menos e algumas exigem mais de cinco perguntas.

2.1.4. *Standard Work*

O objetivo da padronização é de desenvolver a rotina diária para que a melhoria contínua possa ocorrer. *Standards* claros são críticos para a melhoria contínua. Sem *standards*, os clientes internos não têm objetivos pelos quais julgar o seu trabalho, ou seja, as operações e os métodos voltam às rotinas antigas.

Os *standards* devem ser definidos e acompanhados. Para qualquer desvio do *standard*, o problema deverá ser identificado e eliminado. Se possível, melhorar o *standard* para que o problema não ocorra. Quanto mais postos se tornam padronizados, existe menos confusão. A formação de novos operadores torna-se mais simplificada, o que é extremamente importante quando as pessoas trocam de posto de trabalho frequentemente e trabalham em várias máquinas. Em suma, os *standards* facilitam o trabalho.

De acordo com Black & Hunter (2003), *standard work* ou *standard operation*, é uma ferramenta direcionada para atingir o máximo desempenho com o mínimo de desperdício. O *standard work* é constituído por três elementos:

1. **Tempo de ciclo:** O tempo entre a conclusão do último componente ou produto e conclusão do próximo produto.
2. **Sequência de trabalho:** A sequência de trabalho realizada pelo cliente interno.
3. **Stock disponível no bordo de linha:** A quantidade padrão de trabalho que está atualmente em curso e necessária para conduzir as operações sem sobressaltos.

Padronizar o trabalho é uma forma de manter a produtividade, qualidade, e segurança ao mais alto nível. Fornece uma estrutura consistente para a execução do trabalho nos respetivos *takt times* e para evidenciar oportunidades de melhoria nos modos operatórios.

Black & Hunter (2003) referem três elementos que são utilizados para a estruturação do trabalho padronizado:

1. *Takt Time*, que é ajustado pelo ritmo das vendas do mercado.
2. *Sequência de Trabalho para uma Unidade de Produção*, que consiste na sequência de etapas que são determinadas para ser o melhor caminho para desempenhar uma tarefa.
3. *Padronização do Stock Disponível no Bordo de Linha*, que consiste no número mínimo de peças necessárias para estarem à disposição do processo, de forma a manter um fluxo de trabalho regular.

Padronizar o trabalho resulta em instruções detalhadas, etapa a etapa, para cada posto de trabalho, num sistema de Produção *Lean*. Os chefes de equipa determinam a mais eficiente sequência de trabalho, realizando deste modo, melhorias contínuas na sequência de trabalho com os seus membros de equipa. Portanto, a melhoria contínua gera novos modelos, ou novas conceções de unidades fabris de trabalho padronizado.

Uma vez que o trabalho padronizado envolve, de forma consistente, o seguimento de procedimentos, quaisquer problemas inerentes da sequência de trabalho são, portanto, visíveis. Isto permite aos chefes e membros de equipa, identificar e resolver os problemas facilmente. Da mesma forma, mudanças mensais nos volumes de produção exigem alterações no trabalho padronizado. O trabalho padronizado permite aos chefes e membros de equipa, conceber novos procedimentos de trabalho padronizado para o ajustamento das alterações mensais nos volumes de produção.

2.2. Filosofia Kaizen

Kaizen trata-se de um conceito japonês que é usado para expressar melhoria contínua, tendo em conta o constante envolvimento de todos, quer sejam gestores ou colaboradores. Gupta & Jain (2013) constataam que, encontrar, assinalar e remover o desperdício (*muda*) nos equipamentos, nos métodos de trabalho ou produção, refere-se a *Kaizen* em empresas de fabricação.

A abordagem *Kaizen* tem sido utilizada para eliminar os problemas etapa a etapa por meio da recolha de dados, análise das suas causas, descoberta e seleção de uma melhor solução de várias soluções possíveis, implementação e documentação adequada. Os vários benefícios vivenciados pelas empresas após a implementação da filosofia *Kaizen* passam pela eliminação de desperdícios, tais como a falta de qualidade, recusas, retrabalho de produtos e pela quantidade considerável de despesas que é evitada.

Kaizen fornece o dinamismo necessário para a melhoria contínua e encoraja os colaboradores a fazerem parte na conceção e gestão dos seus próprios postos de trabalho. Melhorias *Kaizen* no trabalho padronizado, ajudam a maximizar a produtividade em qualquer local de trabalho. Como referido anteriormente, as atividades *Kaizen* incluem métodos para a melhoria dos equipamentos, tal como técnicas para a melhoria dos procedimentos de trabalho. Black & Hunter (2003) constataam que a implementação de melhorias *Kaizen* no trabalho dos colaboradores, tendem a ser mais fáceis, rápidas e económicas do que nos equipamentos. A Toyota, geralmente, começa com o trabalho *Kaizen* quando tenta resolver um problema. No entanto, se as modificações implementadas (por exemplo, na modificação da sequência das operações) não forem suficiente para a resolução do problema, deverão ser consideradas soluções alternativas, passando, por exemplo, por aquisição de novos equipamentos.

Segundo Monden (1998) qualquer tarefa realizada numa unidade de fabricação, pode ser classificada em uma das três seguintes categorias: trabalho incidental, trabalho de valor

acrescentado, e *muda*. Processos incidentais são processos como a inspeção, que não agregam valor ao produto, mas são necessários no atual sistema de produção. Os processos de valor acrescentado agregam valor ao produto, tais como a montagem final de um produto. Finalmente, processos sem valor acrescentado, ou *muda*, são definidos como qualquer processo que não agrega valor ao produto e não é exigido pelo atual sistema de produção.

Uma vez que o objetivo da filosofia *Kaizen* é identificar e diminuir, de forma contínua, a quantidade de desperdício de um sistema, é importante identificar e separar o desperdício do trabalho, do trabalho que acrescenta valor. Depois de identificar o desperdício, a próxima etapa passa por determinar como reduzi-lo. Uma maneira comum de reduzir *muda* é através de *Kaizen*. O objetivo do *Kaizen* é envolver todos os colaboradores no pensamento regular de pequenas melhorias. Segundo Bodek (2002) quando pequenas melhorias são implementadas, elas podem tornar o trabalho mais fácil e agradável. É importante perceber que uma série de pequenas melhorias estratégicas podem contribuir rapidamente para um aumento significativo na eficiência do sistema.

Ao definir a fazer uma atividade *Kaizen* existem várias ferramentas *Lean* disponíveis, que vão desde o *Value Stream Mapping* ao questionar dos "5 Porquês". Uma vez que cada caso é diferente, determinar quais as ferramentas a utilizar torna-se o trabalho do praticante *Lean*.

2.3. Just-In-Time

É uma ferramenta de Produção *Lean*, que se destaca sobre os pilares de sucesso do planeamento e execução de atividades necessárias para produzir um produto final. Gupta & Jain (2013) referem que cada atividade e processo devem decorrer da forma correta, na quantidade certa para produzir bens e no tempo certo. Para Monden (1998), JIT significa basicamente produzir as unidades necessárias na quantidade necessária e no tempo necessário. O objetivo final é fornecer todo o processo como uma parte de cada vez, exatamente quando há uma necessidade dessa parte, pois este é o princípio do JIT.

O sistema *push* (com base na procura prevista), adotado tradicionalmente, foi substituído pelo sistema *pull* (com base na procura atual), permitindo a obtenção de um sistema sem problemas e sincronizado, em que os produtos são produzidos no momento certo e na quantidade certa.

Se o JIT for realizado em toda a empresa, os inventários desnecessários na instalação fabril serão eliminados, tornando os armazéns e locais de armazenamento desnecessários. Monden (1998) considera porém que é muito difícil realizar o JIT em todos os processos para um produto como por exemplo, um automóvel, se for usada uma abordagem de planeamento central (sistema *push*) que determina e dissemina a calendarização de produção para todos os processos. O método utilizado, quando no processo precedente se produz apenas as unidades suficientes para substituir aquelas que foram retiradas, denomina-se sistema *pull*.

2.4. Sistema Kanban

O *kanban* é um simples sistema de circulação de peças, em que o movimento do material realizado entre os postos de trabalho numa linha de produção é baseado em cartões. Gupta & Jain (2013) ressalta que, um abastecedor deve apenas fornecer peças à linha de produção se e só quando estas

são necessárias, de modo que não exista nenhum armazenamento de peças nos locais de produção, pois esta é a necessidade básica do sistema *kanban*.

Neste sistema, o tipo e a quantidade de unidades necessárias são descritas numa etiqueta ou cartão chamado de *kanban*. Como resultado, os vários processos na instalação estão interligados entre si. Esta interligação de processos numa fábrica possibilita um melhor controlo das quantidades necessárias para os vários produtos.

De acordo com Monden (1998) no TPS, o sistema *kanban* é sustentado pelos seguintes pré-requisitos:

- Nivelamento da produção;
- Uniformização dos postos de trabalho;
- Redução dos tempos de *setup*;
- Atividades de melhoria;
- Conceção do *layout* da máquina;
- Autonomia (automação com toque humano).

O sistema *kanban* controla o método da produção JIT, pois trata-se de um sistema de informação que "harmoniosamente" controla as quantidades de produção em todos os processos. Mesmo que o sistema *kanban* seja introduzido, será difícil realizar o JIT se os vários pré-requisitos acima identificados, não forem perfeitamente implementados.

É necessário o nivelamento da produção para a implementação do sistema *kanban*, uma vez que permite nivelar a quantidade e diversidade na recolha das peças pela linha de montagem final.

3. Apresentação da Empresa

3.1. Grupo Renault

Como uma marca, a Renault obteve um grande prestígio desde a sua fundação em 1898 graças à contínua inovação tecnológica, à vasta gama de produtos e aos seus sucessos em pista. A Renault (com sede em Paris, França) é um grupo de mais de 120 000 talentos que imaginam, concebem, fabricam e comercializam veículos particulares e utilitários em 134 países. É composto por 38 locais de produção (Figura 3) implantados em mais de 17 países, onde foram produzidos cerca de 2.6 milhões de veículos em 2010.

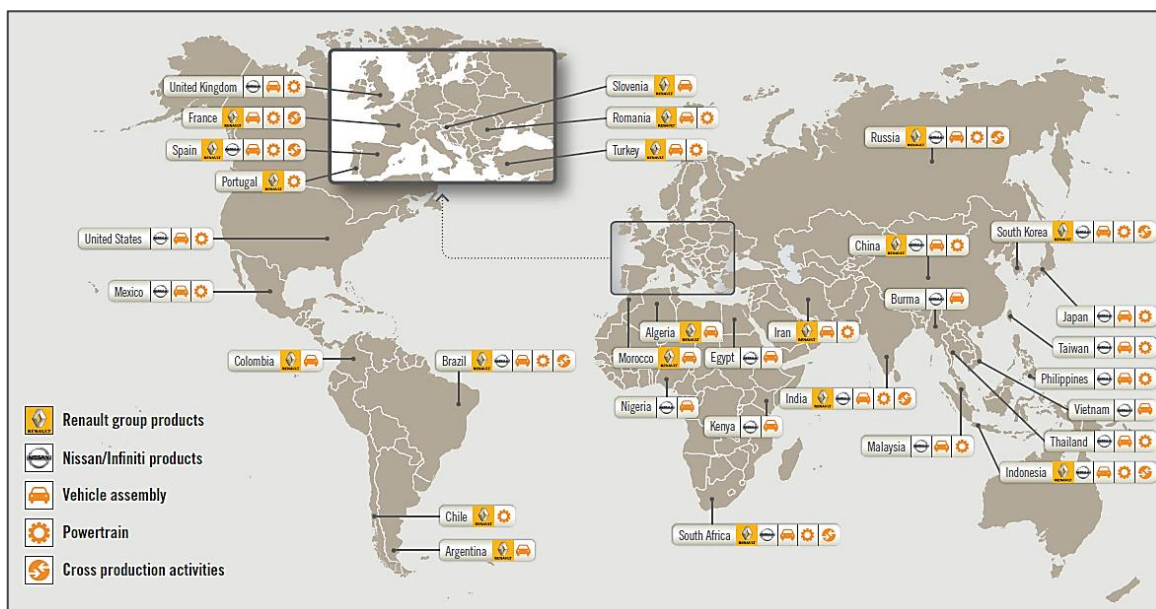


Figura 3 - Locais de produção Renault (fonte: CACIA)

A Renault tem uma vasta gama de modelos, desde o mais compacto ao mais espaçoso. O desportivo também tem o seu lugar nesta gama, ilustrado pelo compromisso da Renault com a Fórmula 1.

Em 1999, a empresa adquiriu uma dimensão internacional, fazendo uma aliança com o construtor japonês Nissan. As duas empresas uniram-se numa relação a longo prazo baseada em três princípios: o respeito pela identidade de cada empresa, o respeito pela autonomia e o desenvolvimento de sinergias, com o objetivo de melhorar a performance de cada uma. A aquisição do construtor romeno Dacia e a criação da sociedade sul-coreana Renault Samsung Motors (2000) confirma a vontade da Renault em conquistar novos mercados.

Qualquer que seja o país, as exigências são as mesmas para a performance, a qualidade de produção e o respeito pelos princípios de desenvolvimento sustentável. Assim, a Renault implementou, a partir de 2000, o Sistema de Produção Renault em todos os seus locais de

produção, de forma a padronizar ao melhor nível os seus modos de fabrico. Todas as fábricas Renault são certificadas pela Norma ISO 14001.

3.2. Renault CACIA, S.A.

A Renault CACIA - Companhia Aveirense de Componentes para a Indústria Automóvel, fábrica do grupo Renault, produz órgãos e componentes para a indústria automóvel desde setembro de 1981. Todas as suas atividades de I&D são desenvolvidas com o objetivo de adaptar a empresa à nova realidade do mercado automóvel mundial e ao reforço das exportações que vão maioritariamente para França, Espanha, Reino Unido, Roménia, Brasil, Chile, Marrocos, Irão e Rússia.



Figura 4 - Instalações da Renault CACIA

As instalações da Renault CACIA apresentadas na Figura 4 ocupam uma superfície total de 300.000 m² e uma área coberta de 70.000 m², combinando uma excelente operacionalidade pelo seu perfil físico, que permite um ótimo esquema de distribuição e facilidade de fluxos, de pessoas e de equipamentos.

A Renault CACIA dispõe de sofisticados meios de controlo de qualidade e ensaios, onde se reafirma continuamente o domínio de todo o processo produtivo e competências para implementar a industrialização de projetos utilizando as metodologias mais avançadas recomendadas pelo Grupo Renault.

Só na última década a Renault investiu na fábrica de Aveiro mais de 220 milhões de euros, não apenas na instalação de novas linhas e renovação de outras, mas também na formação dos colaboradores, na melhoria das condições do ambiente de trabalho e no reforço da responsabilidade ambiental da empresa.







3.3. Localização

A fábrica da Renault CACIA está localizada (Figura 5), num dos mais importantes centros industriais de Portugal: Aveiro, onde a convergência de acessos é favorecida pela geografia, o que dinamiza a indústria e, conseqüentemente, contribui para os índices de desenvolvimento económico.

3.4. Produtos e Serviços

A Renault Cacia fabrica um vasto leque de produtos, segundo os quais se destacam dois tipos de caixas de velocidade (com seis e cinco velocidades), assim como vários componentes para motores, nomeadamente bombas de óleo, árvores de equilibragem e outros componentes em ferro fundido e alumínio, representados na Tabela 1.

Tabela 1 - Produtos da Renault CACIA

	
Caixa de Velocidades JR	Caixa de Velocidades ND
	
Árvore de Equilibragem M1D	Bombas de Óleo F, H, K4, K9, M
	
Carter de Distribuição H5	Tampa da Culassa H5

Da vasta gama de produtos fabricados na Renault CACIA, destacam-se os órgãos considerados estratégicos para a fábrica: caixas de velocidades, árvores de equilibragem, bombas de óleo. Estratégicos por várias razões: as caixas de velocidades porque representam a maior parte do nosso volume de negócios, as árvores de equilibragem porque o seu fabrico é exclusivo; as bombas de óleo porque representam 80% da produção do Grupo.

Partindo de peças em bruto, compradas ao exterior, a Renault CACIA dispõe de centros de maquinaria modernos e flexíveis que fabricam componentes para caixas de velocidades e motores.

3.5. Clientes e Mercados

Os clientes da Renault CACIA espalham-se pelo mundo (Figura 6). A totalidade dos seus produtos destina-se a fábricas Renault e Nissan de montagem veículos e de mecânica, situadas em países como: África do Sul, Indonésia, Inglaterra e Espanha (caixas de velocidades JR); China (componentes e caixas); Índia (componentes, caixas de velocidades e bombas de óleo K9), Rússia (caixas, bombas de óleo K4 e componentes mecânicos).

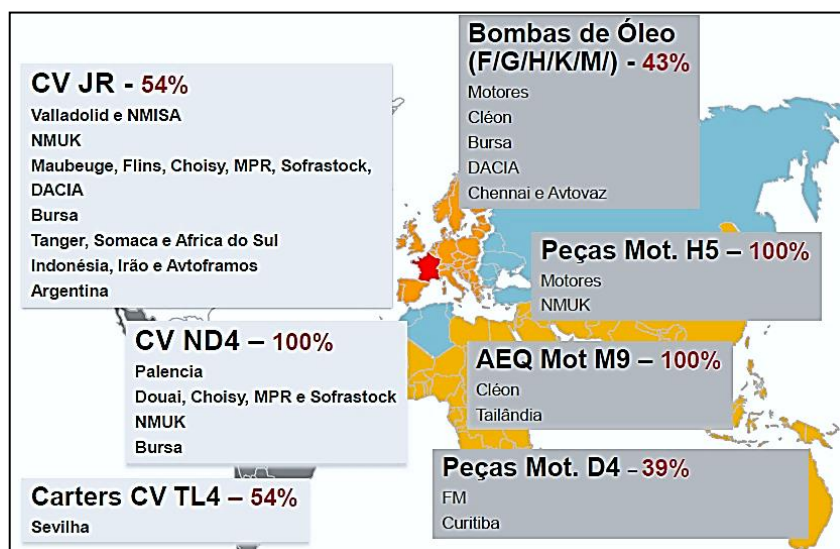


Figura 6 – Distribuição global dos clientes da Renault CACIA (fonte: Renault CACIA)

De acordo com o diagrama da Figura 7, verifica-se que 76 % do volume de negócio corresponde às caixas de velocidades, sendo que os restantes 24% dizem respeito aos componentes mecânicos.

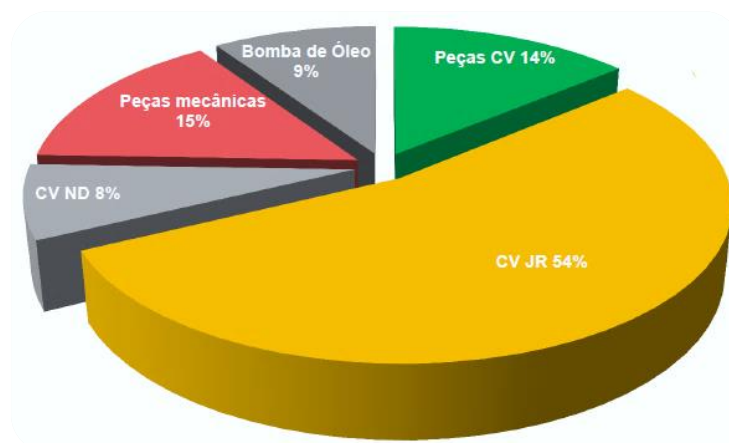


Figura 7 – Proporção do volume de negócio (Produção) (fonte: Renault CACIA)

3.6. Organização Departamental

Na Figura 8 são discriminados os principais departamentos responsáveis pela atividade da Renault CACIA. Pelo que, está identificado o departamento onde este projeto foi realizado.

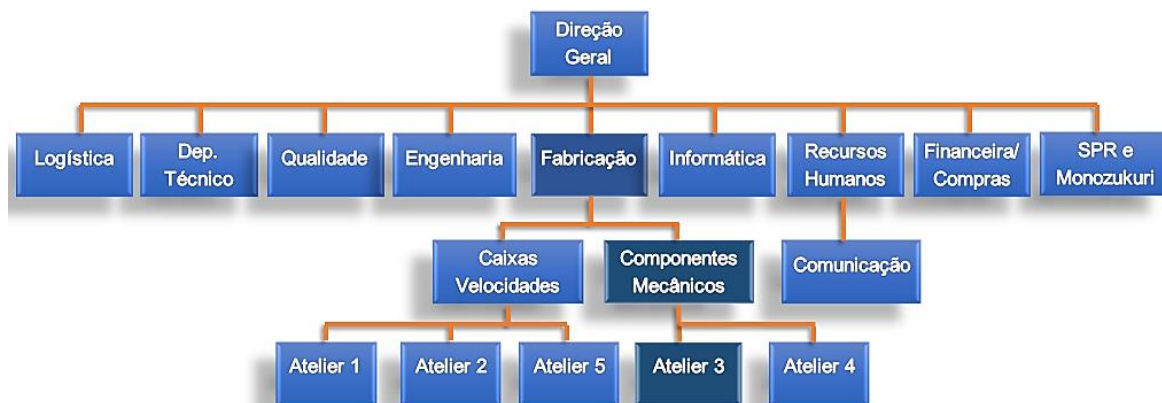


Figura 8 - Organograma geral da Renault CACIA

De acordo com a organização da produção, o departamento de Fabricação da Renault CACIA é constituído por cinco ateliers, sendo que o atelier 1, atelier 2 e atelier 5 pertencem ao departamento de caixas de velocidades, e o atelier 3 e 4 integram o departamento de componentes mecânicos. Por sua vez, cada atelier é composto pela Célula Técnica, Unidades Elementares de Trabalho (UET) e Postos de Trabalho, como está representado na Figura 9.

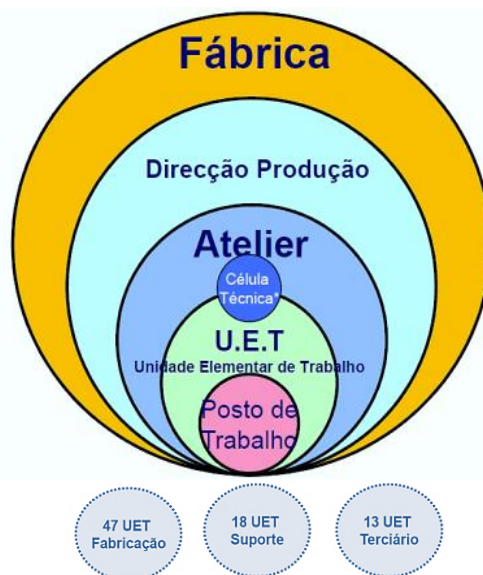


Figura 9 - Organização da produção (fonte: CACIA)

As UET's são definidas como unidades de atividade, de missão, de objetivo, de hierarquia e de animação, e também como unidades de lugar e de tempo de trabalho. Já as células técnicas, são os locais onde estão reunidos os elementos da melhoria contínua, manutenção, SQF (Serviço Qualidade Fornecedor) e chefes de Atelier e de Departamento.

Na Tabela 2 está disponibilizada informação relativamente ao final do ano de 2014, e como tal as certificações da CACIA.

Tabela 2 - Dados informativos da CACIA

RENAULT CACIA final 2014	
Efetivo	1016 (+66 TT)
Volume de Negócios	262 M€
Investimento	12 M€
Atividade	3x8 + WE
Exportação	100% Renault - Nissan
Certificações	
Qualidade ISO 9001-2008 (UTAC e APCER)	
Label SQR	
Ambiente ISO 14001-2004 (UTAC e APCER)	
Label Segurança, Condições de Trabalho	
Label RHP - Risco Altamente Protegido	

Os operadores da Renault CACIA têm uma participação ativa na melhoria de condições de trabalho, uma vez que existe um sistema de sugestões que permite aos operadores das linhas de montagem fazer sugestões de melhoria. Se estas sugestões forem aplicadas e consequentemente obtidos resultados positivos, os operadores recebem um prémio monetário. A taxa de participação neste sistema é cerca de 85% com uma média de 4,6 sugestões (homem/ano) e com uma economia de 1125 euros (homem/ano), o que se torna uma mais-valia para a melhoria contínua no sentido da excelência.

3.7. QRQC

QRQC é a abreviatura de "*Quick Response Quality Control*", que significa: resposta rápida (ao cliente) para o controlo da qualidade. O QRQC é uma tomada de decisão que tem lugar todos os dias e abrange os três níveis hierárquicos da fábrica (Comitê de Gestão da Fábrica, Departamento e Atelier). O condutor de cada QRQC é um fabricante, hierárquico do perímetro. O QRQC é colocado ao serviço do desempenho de cada perímetro. O QRQC permite priorizar os problemas de qualidade de perímetro, mas a meta é tratar qualquer tipo de problema: segurança, confiabilidade, custo, tempo, logística, etc.

Cada QRQC constitui uma oportunidade para o piloto da reunião, neste caso do chefe de atelier, de treinar os participantes a fim de melhorar a sua capacidade de resolver um problema com base nos procedimentos do SPR e portanto, alcançar as metas de desempenho do perímetro.

O piloto da reunião deve centrar a sua atenção em:

- A qualidade da resolução, para evitar que os problemas se repitam;
- A rapidez de resolução;
- O encerramento diário de um problema.

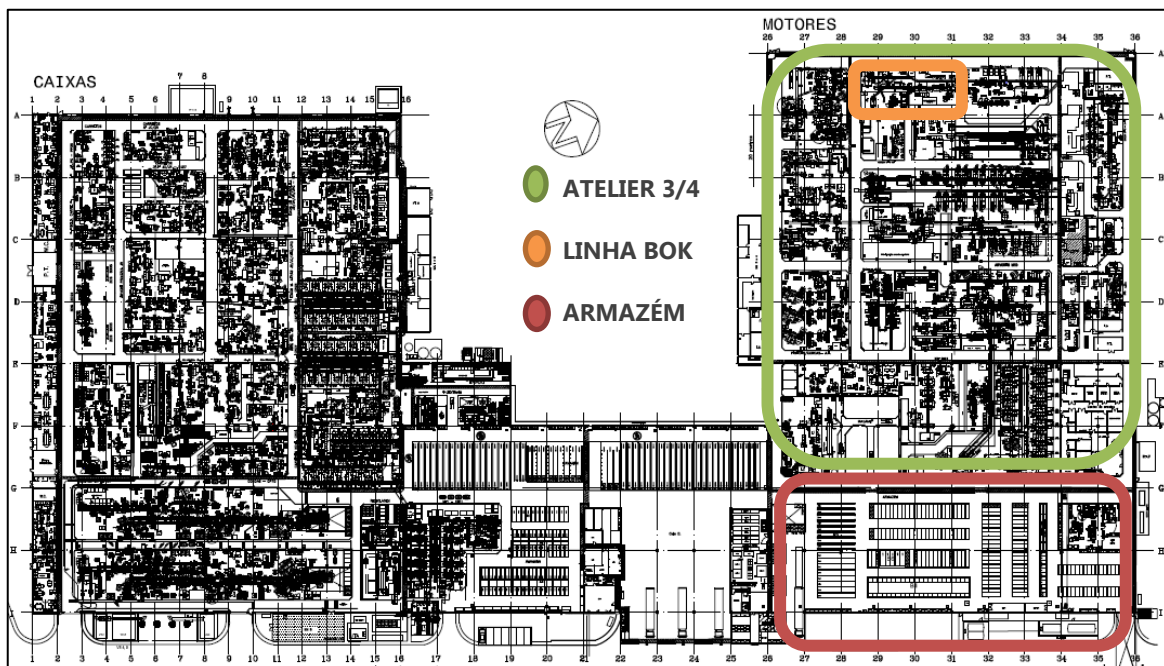
4. Estudo Preliminar

4.1. Linha de Montagem (UET 3352)

Na linha de montagem UET 3352 produzem-se bombas de óleo de referência K (BOK), trata-se de uma das linhas de montagem mais importantes do Atelier 3, uma vez que é a que tem maior quantidade produtiva do departamento de componentes mecânicos. São produzidas cerca de 25.000 bombas de óleo por semana, com uma cadência máxima atingida de 5.100 bombas de óleo por dia.

As bombas de óleo da CACIA são o coração do sistema de lubrificação dos motores dos automóveis e equipam uma boa parte da gama de motores da Renault.

Figura 10 - Layout da CACIA



Na Figura 10 pode-se visualizar a localização da linha de montagem BOK, assim como a localização do armazém de embalagens de componentes necessários à atividade da instalação.

4.2. Análise Geral das Operações na Linha de Montagem BOK

Nesta linha de montagem operam duas equipas de trabalho para a realização da montagem da bomba de óleo, e três equipas para o processo de maquinação. Cada equipa trabalha 8 horas diárias durante 5 dias por semana.

Na linha são montados três modelos de bombas de óleo K, consoante as ordens de fabrico, pelo que são exemplificados na Tabela 3. Quando se pretende efetuar a mudança de modelo da bomba de óleo é utilizado o termo: "mudança de rafale". Quando esta se aplica, existe um tempo estimado de paragem de cerca de 10 minutos para questões de afinação das máquinas ao novo modelo da bomba de óleo a produzir.

Tabela 3 - Modelos da bomba de óleo K

<i>Bomba</i>	<i>Corpo</i>	<i>Tampa</i>
K7	K22	K7
K4	K22	K4/K9
K9	K70	K4/K9

O Corpo e a Tampa da bomba de óleo (brutos) passam por um processo de maquinação, realizado em centros de maquinação CNC (Controlo Numérico Computorizado). Estes centros de maquinação têm, uma capacidade de 2 Tampas e 2 Corpos, respetivamente.

Em seguida, o corpo e a Tampa são colocados na paleta (Figura 11) e transportados em conjunto num tapete rolante, passando por um processo de lavagem, para eliminar limalhas produzidas no processo de remoção de material. Após esta limpeza, é realizada a montagem de vários componentes na Tampa e corpo da bomba de óleo. Por fim, as bombas de óleo são transportas até ao banco de ensaios, a fim de serem realizados testes à pressão da bomba de óleo.



Figura 11 - Paleta de apoio para Corpo e Tampa

Na Figura 12, estão representados todos os componentes que integram uma bomba de óleo modelo k. Dada a grande variedade de componentes, a operação de montagem torna-se complexa e exige muito rigor e atenção, de modo a obter um produto final com os maiores índices de conformidade e qualidade.

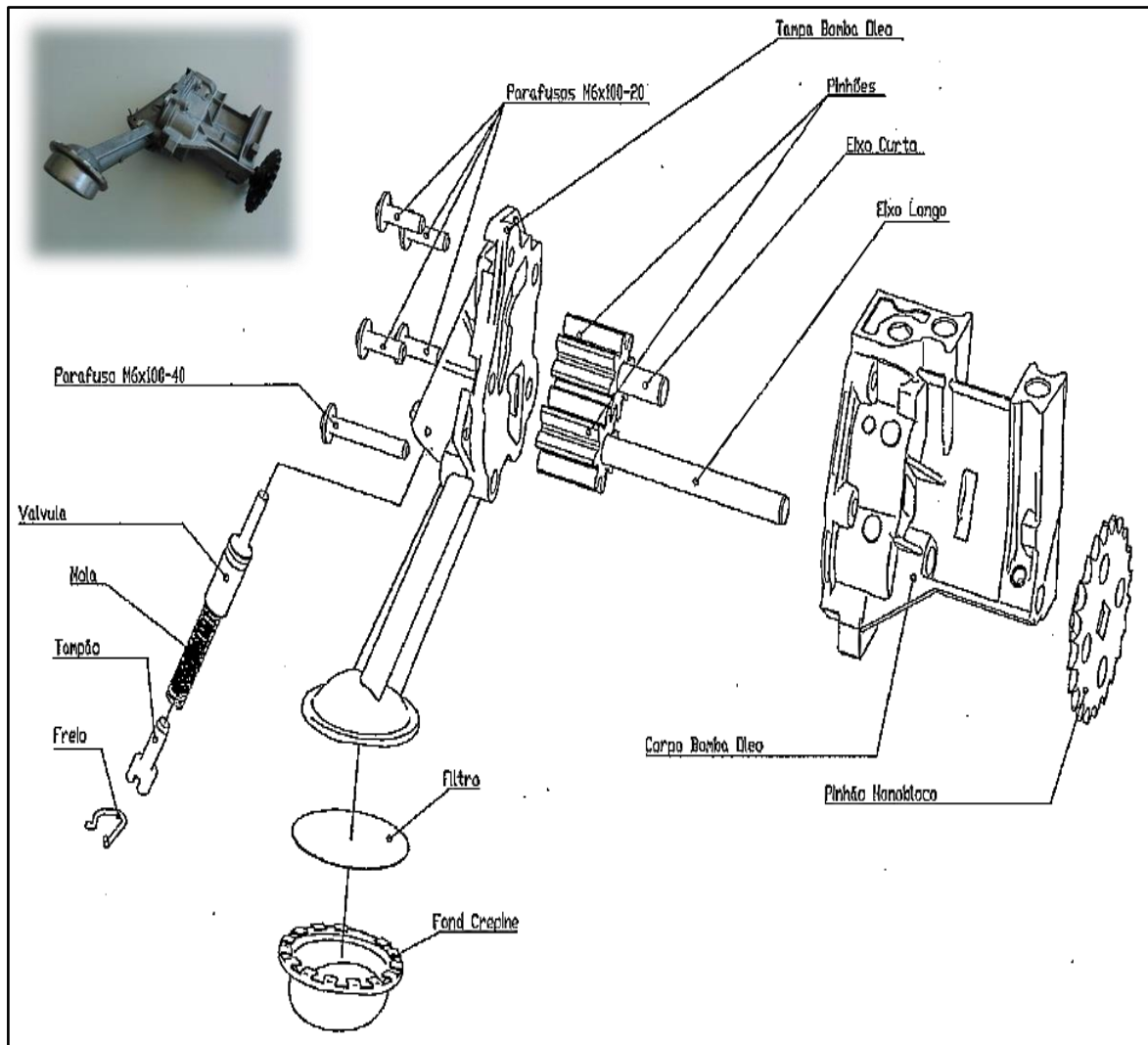


Figura 12 - Esquema da bomba de óleo K (fonte: Renault CACIA)

Na Tabela 4 estão representados os recursos necessários para a produção de bombas de óleo, uma breve descrição das operações a realizar em cada posto e a sua sequência de montagem, o objetivo de produção, o tempo de ciclo, o tempo de produção, assim como o rendimento operacional orçamentado (RO *budget*).

Tabela 4 - Análise global do processo de fabrico da bomba de óleo K

<i>UET 3352 - BOK</i>							
Recursos	Designação	Op	Posto	Obj. Prod.	TC (min)	Tempo (min)	RO
MAQUINAÇÃO							
<i>2212 - BSI + Operador 1</i>	Maq. Corpo - Centro de Maquinação CNC	110	CM 1	1398	0,277	440	88%
<i>1010 - MIKRON+ Operador 2</i>	Maq. Tampa - Centro de Maquinação CNC		CM 2	1683	0,23	440	
<i>2248 - Máq. de Lavar</i>	Lavagem	120	ML	2444	0,18	440	100%
	Secagem						
	Sopragem						
MONTAGEM							
<i>Operador A</i>	Pinhão Monobloco + Eixo Longo + Pinhão k + Filtro e Crepine Eixo Curto.	110	1	2381	0,17	440	92%
<i>Prensa</i>	Introdução do Eixo Longo no Monobloco, em automático	110	2				
<i>Alimentador Grabítico</i>	Montagem da Válvula na tampa, em automático.	120	3				
<i>Operador B</i>	Introdução de Mola + Freio + Tampão, muda o corpo da bomba de óleo de posição, pega na árvore de comando e posiciona-a no corpo.	130	4				
<i>Prensa 140</i>	Posicionamento e conformação do Fond Crepine na Tampa.	140	5				
<i>Prensa 150</i>	Introdução da árvore de comando no pinhão de bombagem.	150	6				
<i>Prensa 160</i>	Introdução do Eixo Curto no corpo da bomba, em automático	160	7				
<i>Operador C</i>	Introduzir Pinhão k no corpo, 1 parafuso na tampa M6x40, mudar de posição o corpo e a tampa na palete.	170	8				
<i>Alimentador de Parafusos</i>	Montagem de 4 parafusos M6x20 na Tampa + dobragem do Freio.	180	9				
<i>Apraf. DGD Automática 190</i>	Pré-aperto dos 5 parafusos em simultâneo.	190	10				
<i>Apraf. DGD Automática 200</i>	Aparafusamento e aperto dos 5 parafusos M6 em simultâneo.	200	11				
<i>Operador D + Máq. Banco de Ensaios</i>	Ensaios Dinâmicos (controlo automático de pressões) e Acondicionamento.	210	12				

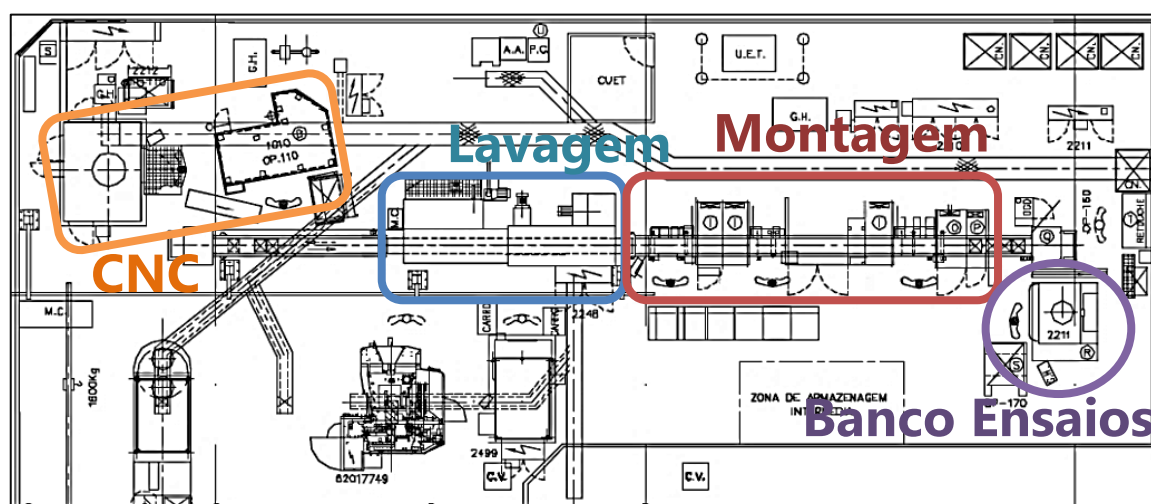


Figura 13 - Layout da linha de montagem BOK

Em detalhe, na Figura 13 está representada a linha de montagem BOK, onde se pode visualizar à esquerda os dois centros de maquinação CNC, um tapete transportador que movimentará a paletes com a Tampa e Corpo da bomba maquinados, para o processo de lavagem, passando de seguida pelos vários postos de montagem. E por último, um banco de ensaios que fará dos mais diversos testes à qualidade das bombas de óleo previamente montadas.

4.3. Condições de Abastecimento nos Postos de Trabalho da Instalação

É importante também analisar as necessidades de abastecimento para cada posto de trabalho e avaliar a sua capacidade instalada de abastecimento dos componentes provenientes do armazém, no bordo de linha. Posteriormente, foi determinado o número de embalagens a abastecer em cada posto para uma autonomia de 4 horas, tendo em conta a capacidade existente no bordo de linha. Assim, o operador logístico irá abastecer a linha de montagem apenas duas vezes por turno, reduzindo o número de deslocações à linha de montagem.

Na Tabela 5 são descritos os diferentes componentes a abastecer em cada posto e a respetiva zona de abastecimento, a quantidade das componentes presente em cada embalagem, a quantidade k de componentes a montar na bomba de óleo, a capacidade de abastecimento existente em cada posto no bordo de linha, a autonomia correspondente a essa capacidade, o número de embalagens necessário para uma autonomia de 4 horas de produção, e por último a quantidade de *stock* na linha de montagem, no início deste projeto

Tabela 5 - Descrição global dos componentes e capacidades existentes na linha de montagem.

Zona	Posto	Op	Designação	Referência	Qt/ Caixa	k	Cap. Posto	Auto. (min)	Nº Embal. Auto. (4h)	Stock (caixas)	% Qt Total Stock	
Maquinaria	Nº1	110	FILTRO	7.700.106.546	2700	1	5	2700	1	6	2,4%	
			FOND CREPINE	7.700.106.552	450	1	4	360	3	3	1,2%	
			MONOBLOCO	8.200.065.121	120	1	5	120	10	49	19,2%	
	Nº3	120	VÁLVULA	8.200.582.342	576	1	3	346	3	12	4,7%	
	Nº4	130	MOLA	8.200.273.460	1200	1	4	960	1	8	3,1%	
			FREIO	7.703.068.106	5000	1	6	6000	1	5	2,0%	
	Nº8	170	PINHÃO K70	8.200.124.493	120	1	10	240	10	-	-	-
			PINHÃO K22	7.700.273.041	160	1	9	288	8	-	-	-
	Nº9	180	PARAFUSO M6-18	7.703.002.668	1500	4	4	300	4	9	3,5%	
Operacional	Nº1	110	EIXO LONGO K70	7.700.100.490	200	1	1	40	6	5	2,0%	
			EIXO LONGO K22	7.700.739.175	200	1	1	40	6	13	5,1%	
			PINHÃO K70	8.200.124.493	120	1	1	24	10	56	22,0%	
			PINHÃO K22	7.700.273.041	160	1	1	32	8	68	26,7%	
			EIXO CURTO K70	8.200.124.492	450	1	1	90	3	4	1,6%	
			EIXO CURTO K22	8.200.555.002	500	1	1	100	3	7	2,7%	
	Nº4	130	TAMPÃO	7.700.107.717	1300	1	3	780	1	6	2,4%	
	Nº8	170	PARAFUSO M6-43	7.703.002.631	800	1	3	480	2	4	1,6%	
										255	100%	

Na Tabela 5 verifica-se pela análise que o posto operacional nº1, referente à operação 110, não detém condições laborais adaptadas a uma autonomia de 4 horas, por exemplo, a capacidade existente no bordo de linha para Eixo Longo K70 só confere uma autonomia de 40 minutos. Na linha de montagem BOK, verifica-se um total de 255 embalagens de componentes que não são necessárias ao processo (*stock*), e que se vão acumulando de dia para dia.

4.4. Análise e Identificação de Problemas na Linha de Montagem

4.4.1. Níveis Elevados de *Stock*

Procedeu-se à análise diária dos níveis de *stock* armazenado em bases rolantes, pelo que foi calculada a média semanal da quantidade de embalagens correspondentes a cada componente.

Pode-se observar pela Figura 14 que a maior proporção de *stock* diz respeito às embalagens de Pinhão K22 (21,27%), Pinhão K70 (21,18%) e Monobloco (19,02%), as quais se deve aplicar uma solução rápida no sentido de reduzir os seus níveis de *stock*.

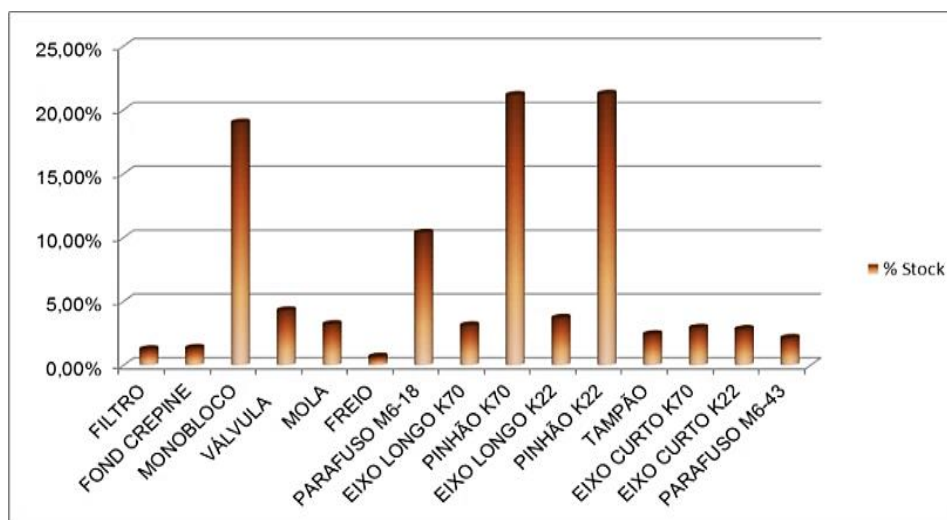


Figura 14 - Proporção média (diária) da quantidade de embalagens nas bases rolantes

Na Tabela 6 estão representadas as dimensões das bases rolantes com as respetivas quantidades de *stock* acumulado, pelo que será uma mais-valia ter este espaço limpo e desocupado permitindo uma melhor visibilidade da linha de montagem BOK, pois trata-se de uma linha importante vinculada à maior quantidade de produção de componentes para motores.

Tabela 6 - Espaço ocupado por bases rolantes e do *stock* de embalagens

Zona	Qt. de BR	Dimensão (m)	Altura BR + Stock (m)	Ocupação (m ³)
Operacional	1	1,28 x 1,13	1,27	1,84
	1	1,47 x 1,13	1,32	2,19
Maquinaria	1	1,47 x 1,13	1,65	2,39
	1	0,87 x 0,67	1,16	0,68
	1	0,94 x 0,65	1,03	0,63
	1	0,67 x 0,44	1,25	0,37

Através da Figura 15 pode-se visualizar a dimensão deste problema que se percute diariamente na zona operacional junto dos operadores e na zona da maquinaria que fica localizada atrás dos postos de trabalho (Figura 16). Deverão, portanto, ser implementados sistemas que eliminem a elevada quantidade de *stock* de embalagens.



Figura 15 - *Stock* acumulado em bases rolante na zona operacional



Figura 16 - *Stock* acumulado em bases rolantes na zona de maquinaria

4.4.2. Ausência de Plataformas com Capacidade de Abastecimento nos Bordos de Linha para Autonomia de 4 Horas

4.4.2.1. Operação 110 (Posto N°1)

Como foi constatado anteriormente, o posto n°1 não está adaptado à autonomia requerida de 240 minutos, correspondente a meio turno de trabalho.

Pela Figura 17 pode-se visualizar a disposição das plataformas onde são armazenadas as componentes para efetuar a operação 110.

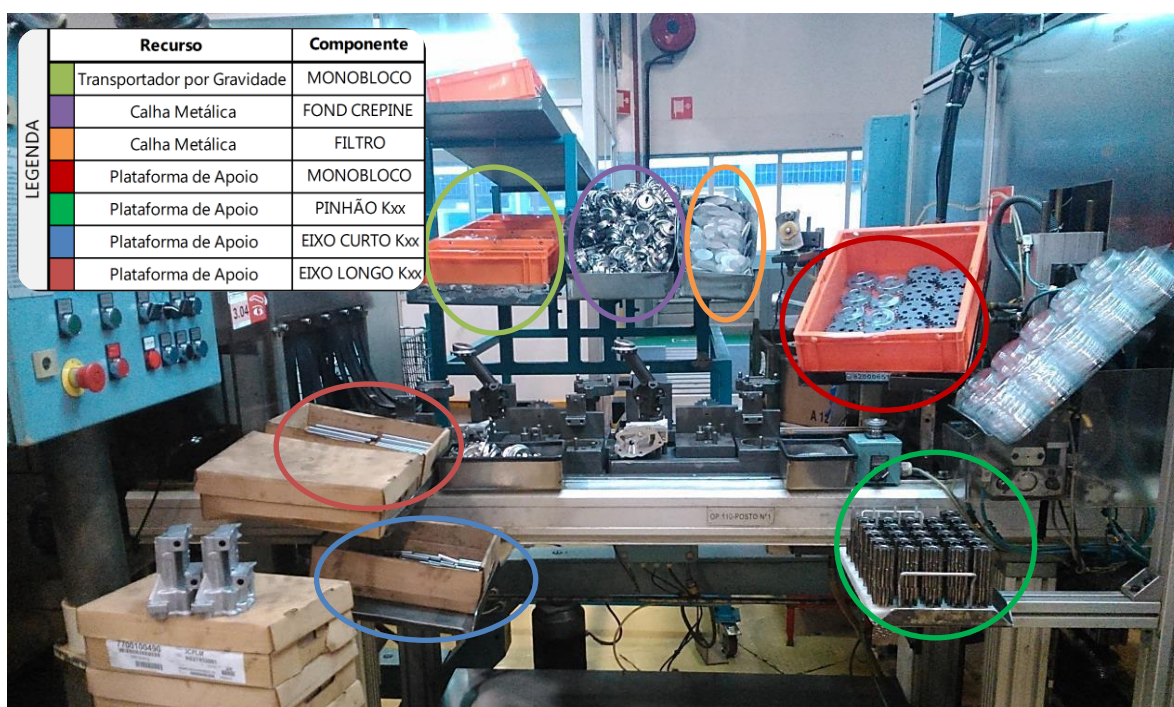


Figura 17 - Posto 1 da linha de montagem BOK

O pinhão Monobloco é abastecido em caixas de plástico com capacidade de 120 componentes, no entanto, na estrutura existente apenas podem ser depositadas cerca de 5 embalagens, o que não é suficiente para as requeridas 10 caixas referentes à autonomia de 4 horas.

Uma das questões que se verificou, foi relativamente à posição da estrutura, uma vez que a receção das caixas de Monobloco é feita no lado esquerdo do posto, e deveria estar instalada no lado da plataforma presente no bordo de linha, onde é alocada a caixa de Monobloco. Isto irá refletir por parte do operador uma ação desnecessária para transportar a caixa do lado esquerdo para o lado direito.

Verifica-se também que relativamente ao Eixo Longo e Eixo Curto existem apenas duas plataformas de apoio no bordo de linha, o que é insuficiente para o fluxo pretendido de 6 e 3 embalagens, respetivamente.

Os pinhões K70 e K22 são abastecidos em embalagens de cartão e posteriormente são transferidos para uma base de pinhões (Figura 18), facilitando a ação do operador em remover o pinhão, colocando-o na palete. No entanto, apenas existe uma plataforma fixa no posto com capacidade para uma base de pinhões.



Figura 18 - Base de Pinhão K

No que se refere ao abastecimento das componentes de Crepine e Filtro, estas são alocadas em calhas metálicas, tendo uma capacidade mais do que necessária para uma autonomia de 4 horas. No entanto, o acesso destas por parte do operador torna-se difícil pois as componentes não deslizam pelas calhas devido ao atrito e inclinação insuficiente, alongando a um esforço adicional para recolher as componentes.

4.4.2.2. Operação 130 (Posto N°4)

No posto 4 existem plataformas que poderão suportar uma autonomia de 4 horas, no entanto o armazenamento das componentes Tampão é depositado num cesto de aço perfurado (Figura 19) com capacidade de 3 embalagens, de modo a ser transportado num carrinho para a máquina de lavar, uma vez que esta componente vem embalada com uma quantidade abastada de óleo. Assim, é mais simples para o operador poder manusear a componente, conferindo-lhe rapidez e qualidade, necessárias ao processo de montagem.

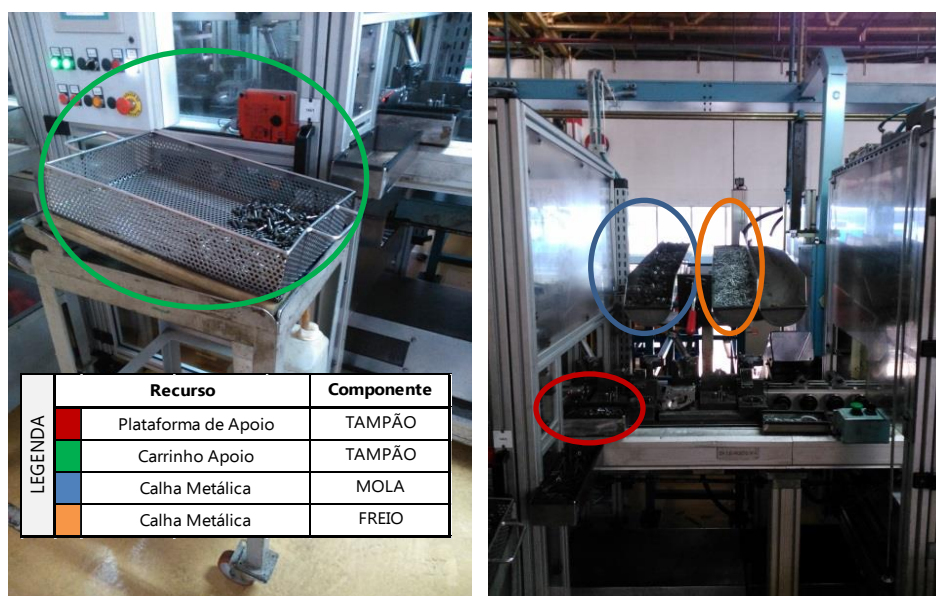


Figura 19 - Posto 4 da linha de montagem BOK

Após a lavagem da componente Tampão, o carrinho é então transportado para o posto 4, no qual o operador retira à mão os tampões para uma plataforma de apoio fixa no bordo de linha do posto. Acontece que este carrinho não tem capacidade para dois cestos, um para abastecer tampões e outro para armazenar os tampões que passaram pelo processo de lavagem. Pois, se o cesto tiver tampões já lavados, o operador logístico não poderá misturar os lavados com os que não sofreram o processo de lavagem.

Como mostra a Figura 19, as componentes Mola e Freio estão alocadas em calhas metálicas, mas devido ao atrito e inclinação insuficiente, estas não deslizam. Assim, sempre que o operador necessita de componentes tem de efetuar um esforço adicional para as transportar para uma zona da calha mais próxima para um mais fácil acesso às componentes.

4.4.3. Abastecimento à Linha de Montagem

O abastecimento à linha de montagem é realizado pelo *mizusumashi* (Figura 20), transportando bases rolantes, onde são armazenadas as embalagens de componentes provenientes do armazém. Este é efetuado sem qualquer frequência de abastecimento, apenas por gestão visual, ou por chamada telefónica realizada pelo condutor de linha.



Figura 20 - Charlotte

O operador logístico apenas abastece os postos automatizados na zona da maquinaria, atrás dos postos de trabalho. Por exemplo, no posto nº8 é efetuada a transação dos pinhões K para as bases de pinhões e conseqüentemente são inseridas numa plataforma com tapete transportador gravítico. Relativamente às calhas metálicas existentes no posto 1 e no posto 4, também são abastecidas pelo *mizusumashi*.

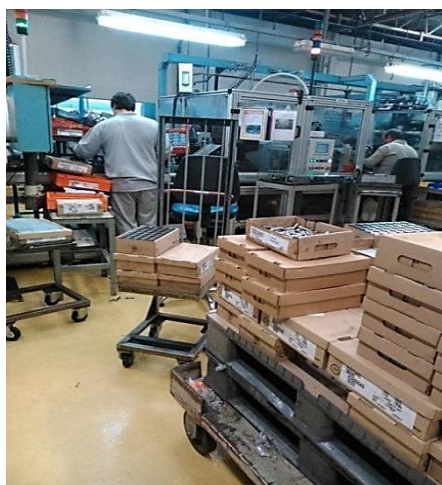


Figura 21 - Abastecimento do operador no posto 1

No que se refere às restantes embalagens, o operador logístico armazena-as nas bases rolantes existentes na linha de montagem, aumentando assim a quantidade de *stock* de abastecimento.

Verificou-se ao longo do estudo que o operador de montagem do posto nº1 perde algum tempo a abastecer o seu posto, no que se refere às embalagens de Eixo Longo, Eixo Curto e Pinhão K70 ou K22.

Como é mostrado na Figura 21, o operador sempre que necessita destas componentes, tem que se deslocar do seu posto para a base rolante (BR) e identificar qual a embalagem que pretende. No caso das embalagens dos pinhões K, o operador ainda terá de transferir os pinhões da caixa de cartão para as bases de pinhão.

Identificam-se assim três desperdícios que deverão ser eliminados: o trabalho desnecessário que deveria ser realizado pelo operador logístico, ou seja, o abastecimento no bordo de linha; a movimentação de pessoas, pois o operador de montagem terá que se deslocar às bases rolantes; e o desperdício de espera ou pessoas paradas, pois os operadores das operações seguintes terão de esperar que o operador da operação 110 regresse ao seu posto.

4.4.4. Análise dos 5 Porquês

Numa fase posterior foi realizada uma análise dos 5 porquês, de modo a aprofundar a raiz dos problemas identificados. Na Figura 22 está representada a análise dos 5 porquês, bem como as ações de erradicação, a designação do piloto de ações e os prazos previstos.

Porque 1	Porque 2	Porque 3	Porque 4	Porque 5	Ações de Erradicação	Piloto/Prazo
/	Desconhecimento do modelo da bomba que está a ser montada na linha	A informação não flui da fabricação para a logística	Ausência de dispositivos sincronizados em tempo-real	Altos custos de investimento	Aplicação do Sistema <i>Kanban</i>	Piloto: Pedro Pereira Prazo: 15-04-2015
Existência de <i>stock</i> de componentes alocado em bases rolantes	Períodos irregulares de entrega	Ausência de um fluxo de abastecimento	Desconhecimento das quantidades de embalagens necessárias a abastecer pelo operador logístico	Inexistência de um planeamento das necessidades para cada posto da linha de montagem	Determinação das necessidades de cada posto para uma autonomia de 4 horas	Piloto: Pedro Pereira Prazo: 01-11-2014
/	Algumas atividades de abastecimento realizadas pelo operador de montagem	Não existe sistemas dimensionados nos bordos de linha	Grande diversidade de componentes no processo de montagem	Montagem de 3 modelos da bomba de óleo Kxx	Implementação de estruturas adaptadas a uma autonomia de 4 horas	Piloto: Pedro Pereira Prazo: 10-04-2015

Figura 22 - Análise dos “5 Porquês”

Esta análise é muito frequentemente realizada quando existe alguma não conformidade de processo, produto, entre outros. Mais precisamente, esta ferramenta é utilizada na elaboração de dossiês que são apresentados nas reuniões do QRQC.

5. Desenvolvimento do Projeto

5.1. Propostas de Melhoria

Após algumas reuniões com o chefe de atelier e elementos da melhoria contínua, foi realizado o estudo de possíveis soluções a implementar.

Para o planeamento e desenho das estruturas recorreu-se ao *software* CAD 3D, o *SolidWorks®*. Pretende-se com esta ferramenta uma maior e mais precisa conceção do espaço disponível na linha de montagem, testando deste modo as estruturas a instalar.

Na Tabela 7, estão descritas as soluções propostas para a resolução dos problemas identificados na linha de montagem. Problemas estes, que impedem o melhor desempenho dos operadores.

Tabela 7 - Descrição geral das soluções propostas

Posto	Op	Componente	Problema	Proposta
Nº1	110	FILTRO	Calhas metálicas não conformes => Atividades VNA	Tapetes automáticos com sensor de presença.
		FOND CREPINE		
		MONOBLOCO	Capacidade insuficiente para 10 embalagens/VNA	Sistema de abastecimento pneumático.
		EIXO CURTO K70	Capacidade insuficiente para 3 embalagens/VNA	Estante em tubo lean trilógico
		EIXO CURTO K22	Capacidade insuficiente para 3 embalagens/VNA	
		EIXO LONGO K70	Capacidade insuficiente para 6 embalagens/VNA	Estante em tubo lean com implementação do sistema kanban por base vazia.
		EIXO LONGO K22	Capacidade insuficiente para 6 embalagens/VNA	
		PINHÃO K70	Capacidade insuficiente para 10 bases de pinhão/ VNA	
		PINHÃO K22	Capacidade insuficiente para 10 bases de pinhão/VNA	
Nº4	130	MOLA	Calhas metálicas não-conformes => Atividades VNA	Alimentador de molas *
		FREIO		Reservatório em aço inox
		TAMPÃO	Carrinho com capacidade de apenas 1 cesto/ Reservatório em aço inox com dimensão insuficiente	Estante em tubo Lean trilógico /Alteração do reservatório

* Proposta efetuada pelo elemento da melhoria contínua

Neste sentido pretende-se eliminar as atividades que não representam qualquer valor acrescentado ao processo de montagem.

Com a implementação de tapetes automáticos com sensor de presença na operação 110, pretende-se eliminar atividades de esforço por parte do operador de montagem no acesso dos componentes, tendo sempre em perspetiva uma capacidade de abastecimento para uma autonomia de 4 horas.

Propõe-se um sistema de abastecimento pneumático (Figura 23) para as embalagens do pinhão Monobloco, uma vez que, dada a escassez de área disponível em comprimento nunca seria possível aumentar o comprimento da rampa para colocar as 10 embalagens necessárias. Então, neste novo sistema serão alimentadas 5 embalagens na rampa principal mais 5 empilhadas numa

segunda rampa, e sempre que uma rampa se encontra vazia, o operador deslocará a rampa para cima ou para baixo, de acordo com as necessidades, através do sistema pneumático, permitindo assim que o sistema tenha uma capacidade total de 10 embalagens.



Figura 23 - Sistema de Abastecimento Automático (Crepine+Filtro+Monobloco)

Relativamente ao Eixo Curto, propôs-se uma estante em tubo *trilogic* dimensionada para alojar 3 embalagens de Eixo Curto k70 numa divisória mais 3 embalagens k22 noutra. Terá também uma plataforma para colocar as embalagens vazias.

Inicialmente foi proposto uma estante para o Eixo Longo e outra para o pinhão, modelos k70 e k22, mas devido à escassez de espaço, no que diz respeito ao *layout* da linha de montagem, conseguiu-se agrupar os dois tipos de componentes. Assim, a estante terá uma plataforma para o Eixo Longo, uma para o pinhão, outra para as bases de pinhões (vazios) e outra para as embalagens de Eixo Longo vazias. É claro que, para a tomada desta decisão teve-se em conta as alturas ergonómicas que serão cruciais para o melhor desempenho dos operadores.

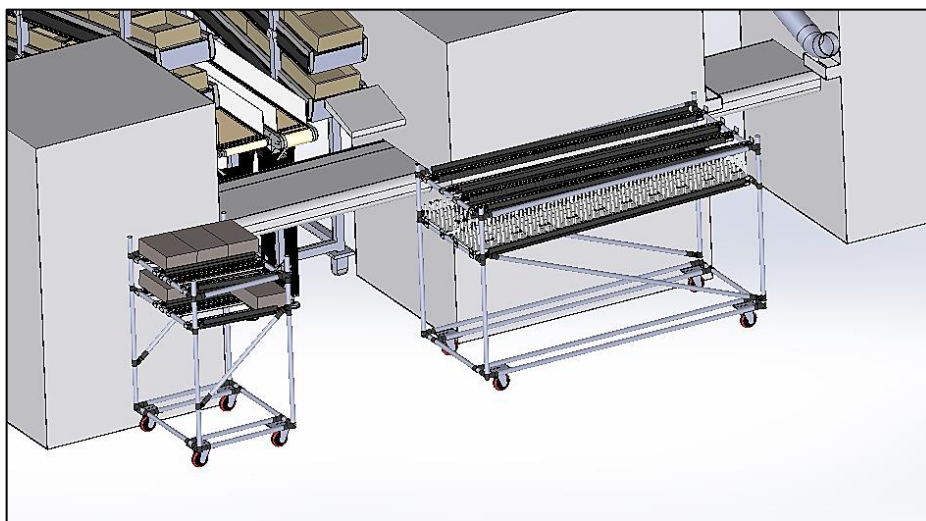


Figura 24 - Estantes em tubo *Trilogic* (Eixo Curto + Eixo Longo + Pinhão)

A colocação do alimentador automático de molas foi uma proposta efetuada pelo elemento da melhoria contínua responsável pela automatização dos postos da linha de montagem BOK, uma vez que esta implementação irá alterar o tempo de ciclo na operação 130. Não obstante, este alimentador automático terá uma capacidade suficiente para uma autonomia de 4 horas.

Finalmente, foi proposta a elaboração de dois reservatórios (Figura 25), um para as componentes de Freio e outro para o Tampão, pois os reservatórios existentes eram muito pequenos para o armazenamento de uma embalagem. Relativamente ao Tampão foi proposta a elaboração de um carrinho com capacidade de dois cestos, ou seja, um cesto para a lavagem de tampões, e outro para o abastecimento de tampões lavados previamente.

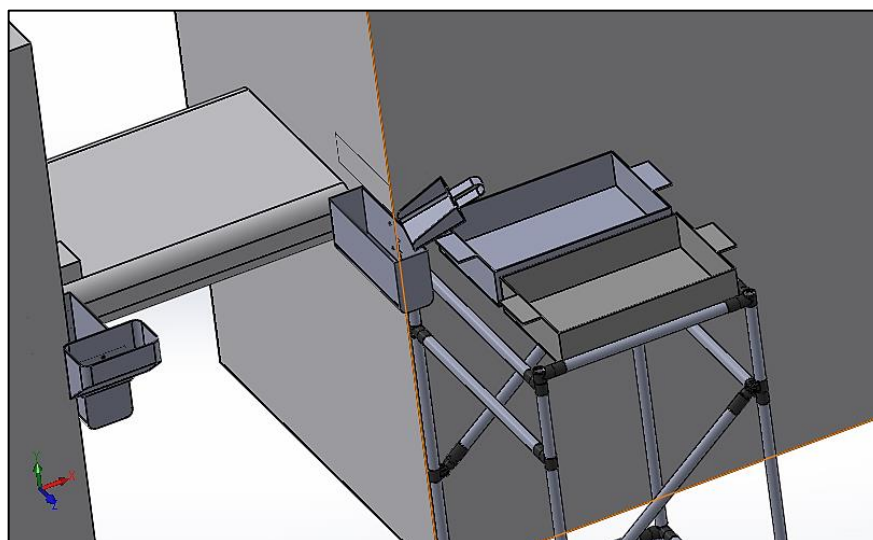


Figura 25 - Planeamento 3D dos reservatórios (Freio+Tampão) + Estante (Tampão)

5.2. Elaboração das Estruturas para Abastecimento

Para a concretização do projeto no tempo requerido, tornou-se crucial a realização de algumas das estruturas dentro da instalação da CACIA, ou seja, foi requerida a uma empresa externa a elaboração dos tapetes automáticos e do sistema automático de alimentação de Monobloco, dada a complexidade de automação envolvida.

Para a realização das restantes estruturas, nomeadamente as estantes em tubo *trilogic*, foi realizado um inventário no local indicado, apresentado na Figura 26, para a concretização das mesmas. Este inventário foi feito com o intuito de verificar a quantidade de materiais existentes na instalação para a posterior elaboração das estantes, aproveitando deste modo o material já existente para dar início ao trabalho.

Foi necessária a requisição de material suplementar para a conclusão deste trabalho e, assim, procedeu-se à elaboração de um caderno de encargos, onde previamente foi investigada a quantidade e tipo de componentes necessárias para a concretização das estantes, trabalhos de serralharia, encomenda das bases de pinhão para a nova estante, realização de reservatórios, e como tal, os respetivos orçamentos (Tabela 8).

Tabela 8 - Orçamentos Elaborados

Descrição	Valor
OP110 Montagem	
Tapetes Automáticos c/ Sensor Presença	2.200,00 €
Sistema de Abastecimento Monobloco	4.500,00 €
Base Pinhões	2.300,00 €
Estantes em <i>Tubo Trilogic</i>	1.200,00 €
Trabalhos de Serralharia	500,00 €
OP130 Montagem	
Reservatórios em Chapa Zincada	800,00 €
Estante em <i>Tubo Trilogic</i>	350,00 €
Placa em Aço Inox p/ Estante	200,00 €
Cesto Aço Inox Perfurado	150,00 €
Trabalhos de Serralharia	500,00 €
Total	12.700,00 €

Em outros projetos já efetuados na Renault CACIA, nomeadamente no departamento das caixas de velocidades, houve uma forte adesão a este tipo de estante em tubo *trilogic*. Dada a sua flexibilidade e simplicidade de execução, torna-se a curto prazo uma mais-valia para a resolução de problemas que surgem nas linhas de montagem da instalação, e por sua vez, uma via mais económica e menos dispendiosa para resolver os problemas.



Figura 26 - Zona reservada para a montagem das estruturas

Após a conclusão das estruturas, procedeu-se à identificação dos componentes nas respetivas entradas de abastecimento e acesso dos componentes presentes nas estruturas, através da utilização do método dos 5S's.

Como mostra a Figura 27, identificou-se a estante referindo a designação do componente e a respetiva referência. Optou-se por usar 2 cores, o azul e o preto, com a finalidade de facilitar a gestão visual do operador. Deste modo, as guias que se encontram à esquerda de cor azul, são referentes ao modelo K22, e as guias localizadas à direita dizem respeito ao modelo K70.



Figura 27 - Identificação das estantes

5.3. Planeamento do Sistema Kanban

Preende-se, com a utilização do sistema *kanban*, simplificar o processo de abastecimento por parte do *mizusumashi*, uma vez que este vai ficar encarregue de todas as atividades de abastecimento.

No método atual, o operador logístico transporta do armazém para a linha de montagem todas as referências correspondentes aos dois modelos de bomba de óleo (K70 e K22). Ou seja, transporta sempre quantidades de embalagens que não são necessárias se, por exemplo, estiver a ser montada a bomba de óleo K7 que utiliza as componentes Pinhão k22, Eixo Longo k22 e Eixo Curto k22. Uma vez que as restantes componentes são partilhadas pelos 3 modelos de bombas, as componentes do modelo K70 não são necessárias ao processo.

A implementação de um sistema *kanban* por caixa vazia, permite minimizar o número de embalagens, tanto na preparação da base rolante, efetuada pelo *mizusumashi*, como no seu regresso ao armazém, obtendo-se assim uma redução de atividades desnecessárias de movimentação na carga e descarga. Este sistema será, deste modo, aplicado numa fase posterior à implementação da estrutura de abastecimento para os pinhões k70 e k22, uma vez que vão ser as bases de pinhões que vão servir de apoio ao sistema.

De uma forma simplificada, o fluxograma apresentado na Figura 28 exemplifica o modo operativo deste sistema *kanban*.

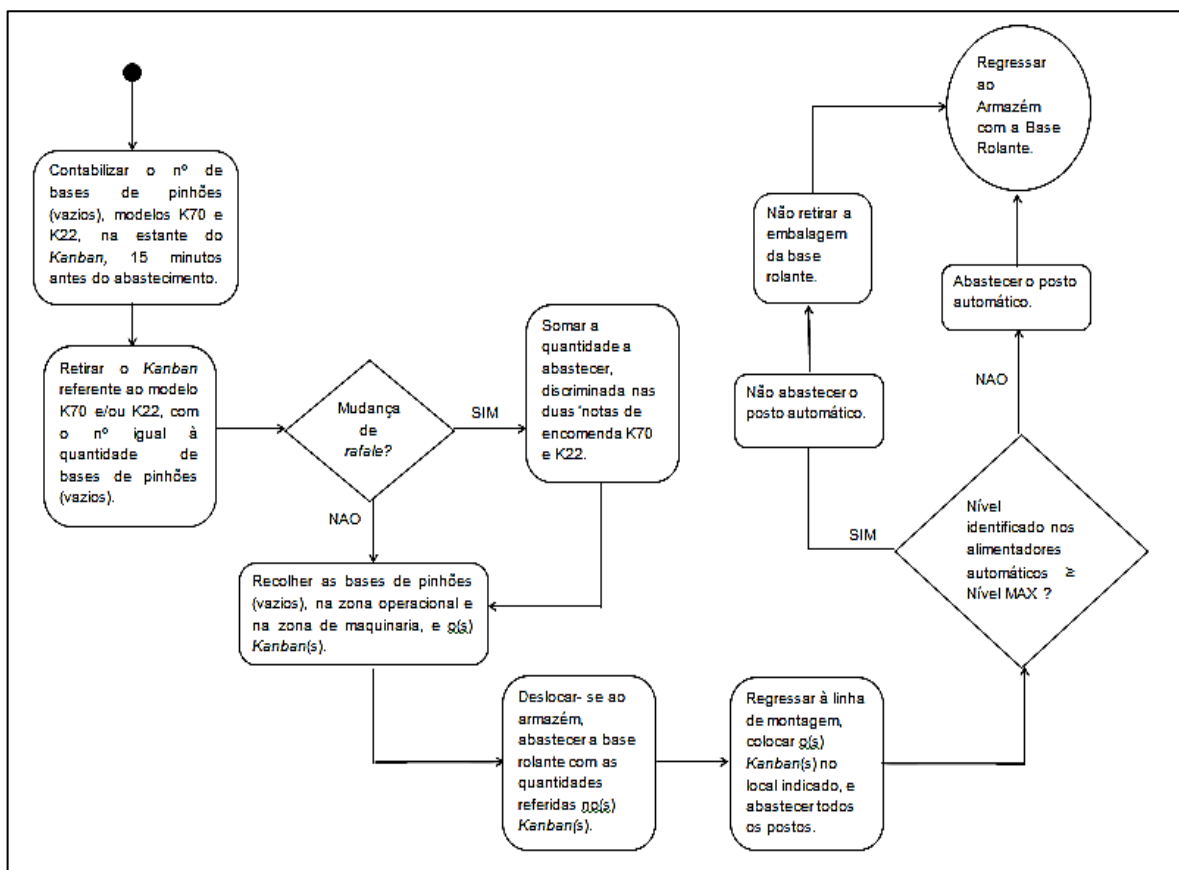


Figura 28 - Fluxograma do modo de funcionamento do Sistema *Kanban*

Deste modo, trata-se de um sistema que “informa” o operador logístico do modelo de bomba de óleo que está a ser produzido, bem como as componentes necessárias a abastecer e o corresponde posto para o seu abastecimento.

Na Figura 29 está representado um protótipo de cartão *kanban* que irá informar o operador logístico sobre a zona a abastecer, o posto, bem como a referência das componentes, a quantidade de embalagens a abastecer e o horário de abastecimento.

No entanto, foi necessário realizar dois modelos de cartões, um para a referência K70 e outro para a referência K22. Relativamente à referência K70, foi planeada a elaboração de 10 cartões numerados de 1 a 10, em que cada um corresponde ao número de bases de pinhões (vazios) existentes na estante de abastecimento para a operação 110. Para a referência K22 serão apenas necessários 8 cartões, uma vez que nesta referência de pinhão, são abastecidos 160 pinhões por caixa, ao invés dos 120 pinhões K70.

10		Atelier 3		Bomba de Óleo K70	
* 07:00 e 15:00 ** 07:00					
Zona	Posto	Op	Descrição	Referência	Qt
Maquinaria	Nº1	110	FILTRO*	7.700.106.546	1
			FOND CREPINE	7.700.106.552	3
			MONOBLOCO	8.200.065.121	10
	Nº3	120	VÁLVULA	8.200.582.342	2
	Nº4	130	MOLA	8.200.273.460	1
			FREIO**	7.703.068.106	1
Nº8	170	PINHÃO K70	8.200.124.493	10	
Nº9	180	PARAFUSO M6-18	7.703.002.668	4	
Operacional	Nº1	110	EIXO LONGO K70	7.700.100.490	6
			PINHÃO K70	8.200.124.493	10
			EIXO CURTO K70	8.200.124.492	3
	Nº4	130	TAMPÃO	7.700.107.717	1
Nº8	170	PARAFUSO M6-43	7.703.002.631	2	
Horário		07:00	11:00	15:00	19:00

Figura 29 - Kanban para modelo K70

Este sistema será importante para a redução de atividades sem valor acrescentado executadas pelo *mizusumashi*, pois, sempre que ocorrer algum caso de inatividade na linha de montagem, o operador logístico iria abastecer a linha com um fluxo de 4 horas, ou seja, haveria sempre embalagens em excesso. Por exemplo, se ocorrer a manutenção da linha de montagem, não irão ser produzidas bombas de óleo nas primeiras 4 horas. Como o operador logístico não tem conhecimento da situação, ao final das 4 horas iria realizar o abastecimento à linha. Deparando-se com tal situação, teria de voltar ao armazém com a carga nas bases rolantes, tendo de voltar a arrumar as embalagens. Com isto o operador logístico irá perder tempo útil para o abastecimento de outras linhas, já para não referir das atividades desnecessárias que este desempenhará.

Pela Tabela 9 podem ser identificados alguns exemplos que poderão caracterizar esta situação.

Tabela 9 - Tempos de inatividade na linha de montagem

Caso	Descrição	Nº Ocorrências / mês	Tempo de perda (min)
A	Avarias de Máquina/ Microparagens na colocação dos parafusos	48	20-90
B	Mudança de rafale	10	10-15
C	Manutenção da linha (MPM)	2	240

5.4. Estudo das Soluções usando o Simulador Arena®

Nesta secção é realizada a simulação do modelo lógico referente à linha de montagem das bombas de óleo K, com o intuito de testar a implementação dos sistemas para abastecimento e de constatar as melhorias que daí provêm. Para isso, recorreu-se à ferramenta de simulação *Arena® Software*, pois trata-se de um ambiente gráfico integrado de simulação, projetado para analisar o impacto das mudanças que envolvem reformulações significativas e complexas associadas à cadeia de abastecimento, fabricação, processos, logística, distribuição e armazenamento, e sistemas de serviço. O *software Arena®* oferece flexibilidade e amplitude de aplicação para modelar vários níveis de detalhe e de complexidade.

5.4.1. Dados de Entrada

Uma das etapas importantes para o desenvolvimento deste modelo foi a recolha de tempos do processo. Foi recolhida uma amostra de 60 medições para cada uma das operações 110, 130, 170 e 210 e, usando uma ferramenta disponibilizada pelo *Arena® Software*, o *Input Analyser* (Figura 30), procedeu-se ao tratamento de dados. Esta ferramenta foi usada para determinar a qualidade de ajuste das funções de distribuição de probabilidade para os dados de entrada. Decidiu-se por fim usar o ajuste empírico, uma vez que o ajuste feito às outras distribuições não era o mais adequado.

Posteriormente o *Input Analyser* fornece-nos uma expressão que irá ser incluída no modelo de simulação.

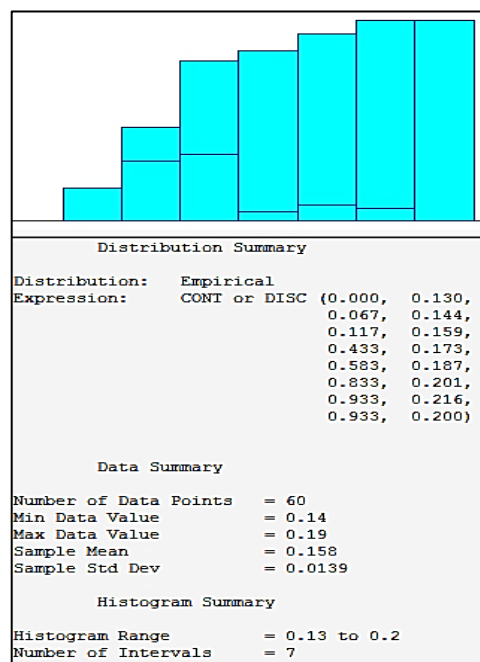


Figura 30 – Dados de entrada ajustados à distribuição empírica

Na Figura 31 estão representados os dados de entrada relativamente aos tempos dos processos, em minutos, no modelo de simulação.

	Name	Resources	Value	Expression
1	Body Machining	2 rows	1	TRIA(0.27 , 0.29, 0.32)
2	Cover Machining	2 rows	1	TRIA(0.23 , 0.24 , 0.25)
3	Washing	1 rows	0.28	1
4	Pressing OP110	1 rows	0.15	1
5	Assembly OP110	1 rows	0.18	CONT (0.000, 0.130, 0.067, 0.144, 0.117, 0.159, 0.433, 0.173, 0.583, 0.187, 0.833, 0.201, 0.933, 0.216, 1, 0.200)
6	Assembly OP130	1 rows	0.18	CONT (0.000, 0.130, 0.050, 0.146, 0.300, 0.161, 0.433, 0.177, 0.700, 0.193, 0.783, 0.209, 0.917, 0.224, 1, 0.240)
7	Pressing OP140	1 rows	0.15	1
8	Pressing OP150	1 rows	0.15	1
9	Pressing OP160	1 rows	0.15	1
10	Assembly OP170	1 rows	0.18	CONT (0.000, 0.130, 0.067, 0.144, 0.117, 0.159, 0.433, 0.173, 0.583, 0.187, 0.833, 0.201, 0.933, 0.216, 1, 0.230)
11	Assembly OP180	1 rows	0.15	1
12	Screws Pre_tighten OP190	1 rows	0.15	1
13	Srewing and Tightening	1 rows	0.15	1
14	Dynamic Tests OP 210	2 rows	0.15	CONT (0.000, 0.240, 0.200, 0.264, 0.500, 0.288, 0.950, 0.312, 0.950, 0.336, 1, 0.360)
15	Assembly OP120	1 rows	0.15	1

Figura 31 - Dados de entrada do processo

Por último serão introduzidos no modelo os tempos de inatividade referentes a abastecimentos realizados pelos operadores, através do módulo *failure* (Figura 32). Neste módulo está discriminado o tempo perdido na mudança de contentores das tampas e corpos da bomba de óleo, o tempo de embalagem efetuada na operação 210 a cada 256 bombas de óleo, e o tempo que o operador "A" perde em abastecer o seu posto referente à operação 110, nomeadamente o Pinhão k (*pinion*), Eixo longo (*drive shaft*) e Eixo curto (*idling gear shaft*), dado que este posto não possui estruturas dimensionadas para um abastecimento planeado para 4 horas de autonomia.

	Name	Type	Count	Down Time	Down Time Units
1	Packaging	Count	256	TRIA(0.7 , 0.8 ,1.0)	Minutes
2	Change Box Body	Count	850	TRIA(0.7 , 1.0 ,1.2)	Minutes
3	Change Box Cover	Count	1200	TRIA(0.7 ,1.0 ,1.2)	Minutes
4	Border Suply Pinion	Count	120	TRIA(0.3 , 0.4 , 0.6)	Minutes
5	Border Suply Idling Gear Shaft	Count	450	TRIA(0.2 , 0.3 , 0.5)	Minutes
6	Border Suply Drive Shaft	Count	200	TRIA(0.2 , 0.3 , 0.5)	Minutes
7	Border Control Pinion	Count	20	TRIA(0.05 , 0.06 ,0.08)	Minutes

Figura 32 – Failure module

5.4.2. Desenvolvimento do Modelo

Para a realização deste trabalho construiu-se o modelo lógico após a elaboração do modelo conceptual, já descrito. Na Figura 33 está representada a ilustração do modelo lógico, optando-se por delimitar o modelo em diferentes áreas do processo produtivo das bombas de óleo, para uma melhor compreensão.

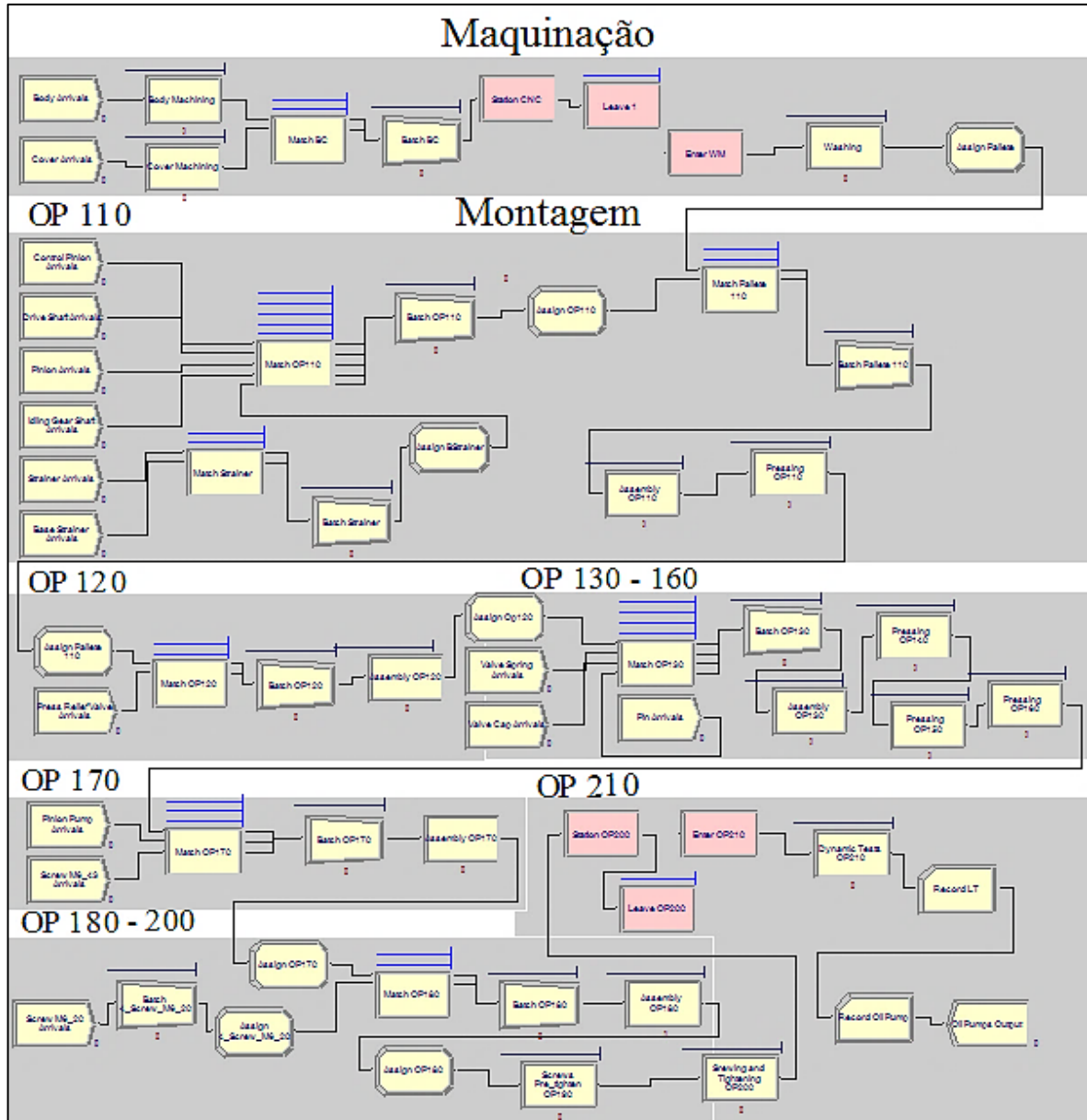


Figura 33 - Modelo lógico usando o software *Arena*®

Neste modelo será já testado o fluxo de abastecimento da linha nos módulos *create*, onde vão dar entrada as entidades. Pretende-se que o abastecimento da linha de montagem garanta uma autonomia de 4 horas de produção (Figura 34), ou seja, o operador logístico vai abastecer a linha duas vezes por turno simplificando e reduzindo o número de vezes que este se deslocará à linha. No entanto, existem dois tipos de componentes que serão abastecidos de diferente forma, os filtros (Figura 35) e os Freios (Figura 36), devido à quantidade presente nas suas embalagens.

Name:		Entity Type:	
Control Pinion Arrivals		Control Pinion	
Time Between Arrivals			
Type:	Value:	Units:	
Constant	240	Minutes	
Entities per Arrival:	Max Arrivals:	First Creation:	
1320	Infinite	0.0	

Figura 34 - *Create module* para 4 horas de autonomia

Name:		Entity Type:	
Strainer Arrivals		Strainer	
Time Between Arrivals			
Type:	Value:	Units:	
Constant	480	Minutes	
Entities per Arrival:	Max Arrivals:	First Creation:	
2700	Infinite	0.0	

Figura 35 – *Create module* para 8 horas de autonomia

Name:		Entity Type:	
Pin Arrivals		Pin	
Time Between Arrivals			
Type:	Value:	Units:	
Constant	960	Minutes	
Entities per Arrival:	Max Arrivals:	First Creation:	
5000	Infinite	0.0	

Figura 36 – *Create module* para 16 horas de autonomia

Será também importante verificar a quantidade de caixas de cada componente que saíram do modelo, pois este número será importante para comparar o sistema real com o sistema simulado de forma a reduzir o *stock* existente na linha de montagem. Por isso foi usado o *statistic module* (Figura 37) onde foram inseridas várias categorias para as quantidades de componentes requisitadas.

Statistic - Advanced Process							
	Name	Type	Frequency Type	Expression	Collection Period	Report Label	Categories
1	Control_pinion_input_box	Frequency	Value	EntitiesOut(Control Pinion)	Entire Replication	Control_pinion_input_box	45 rows
2	Drive_shaft_input_box	Frequency	Value	EntitiesOut(Drive Shaft)	Entire Replication	Drive_shaft_input_box	27 rows
3	Pinion_input_box	Frequency	Value	EntitiesOut(Pinion)	Entire Replication	Pinion_input_box	45 rows
4	Idling_gear_shaft_input_b	Frequency	Value	EntitiesOut(Idling Gear Shaft)	Entire Replication	Idling_gear_shaft_input_box	22 rows
5	Strainer_input_box	Frequency	Value	EntitiesOut(Strainer)	Entire Replication	Strainer_input_box	11 rows
6	Base_strainer_input_box	Frequency	Value	EntitiesOut(Base Straine			
7	Valve_spring_input_box	Frequency	Value	EntitiesOut(Valve Spring)			
8	Valve_cap_input_box	Frequency	Value	EntitiesOut(Valve Cap)			
9	Pin_input_box	Frequency	Value	EntitiesOut(Pin)			
10	Press_relief_valve_input_	Frequency	Value	EntitiesOut(Press Relief)			
11	Screw_M6_43_input_box	Frequency	Value	EntitiesOut(Screw_M6_4			
12	Screw_M6_20_input_box	Frequency	Value	EntitiesOut(Screw_M6_2			
13	Pinion_Pump_input_box	Frequency	Value	EntitiesOut(Pinion Pump)			

Categories					
	Constant or Range	Value	High Value	Category Name	Category Opt
1	Constant	0		0 Boxes	Include
2	Range	0	120	1 Boxes	Include
3	Range	120	240	2 Boxes	Include
4	Range	240	360	3 Boxes	Include
5	Range	360	480	4 Boxes	Include
6	Range	480	600	5 Boxes	Include
7	Range	600	720	6 Boxes	Include

Figura 37 - *Statistic module* para as embalagens dos componentes

Finalmente, é realizada a animação do modelo a simular. A Figura 38 representa o processo de fabricação das bombas de óleo, desde a maquinação, passando por todas as operações de montagem até à realização dos testes de pressão da bomba, e por fim a embalagem.

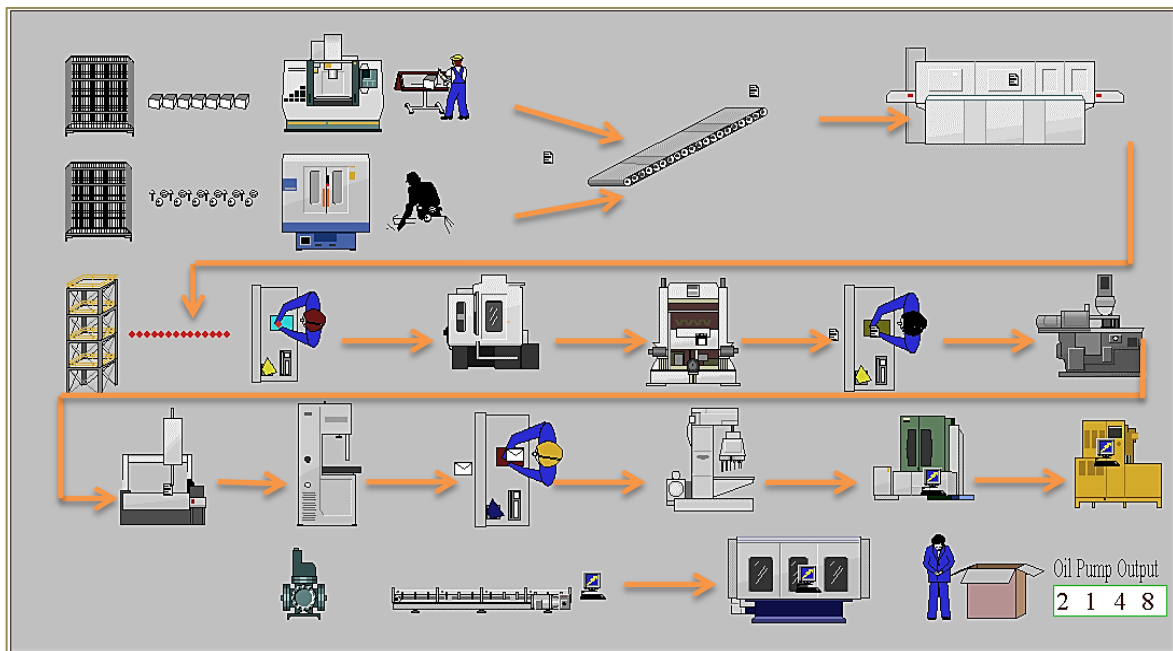


Figura 38 – Animação do modelo de simulação

5.4.3. Validação e Verificação do Modelo

Pretende-se com a validação do modelo, de acordo com Dilworth (1989), ganhar confiança de que a informação que fornece sobre o mundo real é precisa, para a sua finalidade.

Balci (2010) afirma que um dos testes mais usados para validar o modelo, passa por correr o modelo com os mesmos dados de entrada que o sistema real, comparando os *outputs* de cada um, de forma a determinar o quanto estes são parecidos.

O modelo foi corrido durante um turno de trabalho e replicado cerca de 20 vezes, por forma a obter um intervalo de confiança com a amplitude desejada.

Recorreu-se ao *Reporting Standard de Fabrication* para a recolha de dados referentes à produção de cada turno, desde setembro de 2014 a maio de 2015, posteriormente procedeu-se à compilação dos dados, eliminando da amostra os valores de produção que dizem respeito a rendimentos operacionais inferiores a 92%, uma vez que se pretendem comparar os resultados com o sistema real. Por sua vez, um rendimento operacional orçamentado de 92%, significa que abaixo deste valor estamos a falhar o compromisso, ou seja, quer dizer que para uma produção abaixo deste valor, esta não será suficiente para pagar os recursos utilizados na linha de montagem.

Na Tabela 10 estão representadas os *outputs* das 20 replicações efetuadas e os 20 valores recolhidos no sistema real.

Tabela 10 - Comparação dos *outputs* do sistema real com o sistema simulado

Resultados do Sistema			
ID	Simulado	Real	Diferença
1	2464	2476	-12
2	2459	2440	19
3	2464	2441	23
4	2458	2460	-2
5	2453	2450	3
6	2465	2460	5
7	2466	2470	-4
8	2455	2452	3
9	2461	2450	11
10	2469	2476	-7
11	2461	2430	31
12	2465	2435	30
13	2463	2475	-12
14	2466	2443	23
15	2468	2472	-4
16	2462	2471	-9
17	2464	2500	-36
18	2475	2440	35
19	2459	2460	-1
20	2463	2480	17
Total	49260	49181	79
Média	2459,05	2463	3,95

O modelo é validado com 95% de confiança entre os outputs do sistema real e resultados da simulação. Para validar o modelo do *Arena®* foi utilizado o teste estatístico *t-student*, de forma a comparar as médias das duas amostras. Foi considerado um teste t para testar a diferença entre as médias do número de peças produzidas pelo sistema real e sistema simulado. A partir do teste t, o valor obtido para a estatística de teste é $t = 0,935$ e o valor crítico do teste t de uma cauda é 1.686. Como $t < t_{\text{crítico}}$, estamos numa área de aceitação estatística e, portanto, não rejeitamos a hipótese nula. Então, podemos dizer com 95% de confiança de que as médias dos *outputs* são iguais. Discutido por Ali & Souza (2007), isto implica que o modelo tem um nível de precisão para se indicar como sendo válido.

5.4.4. Análise de Resultados da Simulação

Na Figura 39 estão representados os outputs resultantes do sistema simulado. A quantidade média de bombas de óleo produzidas por um turno de trabalho é de $2463 \pm 2,31$ unidades segundo o modelo simulado, pelo que esta quantidade representa cerca de 95,16 %, valor superior aos 92% do objetivo de produção.

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Record Oil Pump	2463.00	2,31	2453.00	2475.00

Figura 39 – *Outputs* resultantes

Através do *statistic module*, o *Arena®* determina os tempos de inatividade que dizem respeito à operação 110. Pela Figura 40, pode-se verificar que o operador "A" ausentou-se do seu posto por 32 vezes, com uma média no tempo de abastecimento de 25,6 segundos.

Inactive Time Op110	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percent
BUSY	233	1.9320	95.78	95,78
FAILED	32	0.4269	2.91	2,91
IDLE	201	0.03075501	1.32	1,32

Figura 40 – Tempos de inatividade na operação 110

De seguida verificou-se o número de embalagens que saíram do sistema usando o *frequencies report* do *Arena®*. Este será o número de embalagens de componentes que o *mizusumashi* deverá abastecer a linha de montagem, contudo é requerida a implementação de um sistema *kanban* por caixa vazia de modo a obter um correto abastecimento às necessidades de cada posto.

Strainer input box	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percent
0 Boxes	1	4.7984	1.02	1,02
1 Boxes	1	465.20	98.98	98,98
Valve cap input box	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percent
0 Boxes	1	4.7984	1.02	1,02
1 Boxes	1	244.82	52.09	52,09
2 Boxes	1	220.38	46.89	46,89
Valve spring input box	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percent
0 Boxes	1	4.7984	1.02	1,02
1 Boxes	1	226.48	48.19	48,19
2 Boxes	1	226.00	48.08	48,08
3 Boxes	1	12.7274	2.71	2,71

Figura 41 - *Frequencies report*

5.4.5. Identificação do Recurso Gargalo

A próxima etapa passa por identificar o recurso gargalo do modelo de simulação. Numa primeira análise da Figura 42, verificou-se se os tapetes transportadores estão a congestionar o processo, o que não acontece pois têm uma taxa de utilização da ordem dos 53% (*Pallete Conveyor*) e 68% (*Conveyor Pump Oil*).

Blocked		Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Conveyor Pump Oil		0.6711	0,00	0.6688	0.6740	0.00	1.0000
Pallete Conveyor		0.5346	0,00	0.5346	0.5347	0.00	1.0000
Utilization		Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Conveyor Pump Oil		0.6806	0,00	0.6779	0.6848	0.00	1.0000
Pallete Conveyor		0.5254	0,00	0.5254	0.5254	0.00	0.5500

Figura 42 - *Conveyor usage report*

Seguidamente o estudo irá versar apenas os processos do modelo de simulação. Pela Figura 43, podemos identificar que os recursos com uma maior taxa de utilização são o operador "A", o operador "B" e o operador "C", correspondentes às operações 110, 130 e 170, respetivamente. Isto mostra um bom indício que um destes seja o recurso gargalo, mas para identificar qual dos três é o recurso gargalo será necessário recorrer à Figura 44 na secção correspondente ao número de entidades pendentes nas filas de espera dos processos.

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Automatic_screwdriver	0.7874	0,00	0.7844	0.7911
Automatic_screwdriver_OP200	0.7871	0,00	0.7841	0.7908
Feeder_Screws	0.7876	0,00	0.7846	0.7914
Gravity Feeder	0.7899	0,00	0.7866	0.7935
MIKRON	0.6639	0,00	0.6636	0.6643
Operator 1	0.8114	0,00	0.8102	0.8123
Operator 2	0.6639	0,00	0.6636	0.6643
Operator A	0.9458	0,00	0.9435	0.9476
Operator B	0.9572	0,00	0.9505	0.9644
Operator C	0.9478	0,00	0.9417	0.9531
Operator D	0.7488	0,00	0.7461	0.7524
Press OP110	0.7902	0,00	0.7869	0.7937
Press OP140	0.7889	0,00	0.7858	0.7926
Press OP150	0.7887	0,00	0.7854	0.7923
Press OP160	0.7884	0,00	0.7851	0.7919
SPECIAL_BSI	0.8114	0,00	0.8102	0.8123
Test_Bench	0.7488	0,00	0.7461	0.7524
Washing Machine	0.7452	0,00	0.7451	0.7452

Figura 43 - *Schedule utilization report*

Segundo o relatório referente às filas de espera (Figura 44), identificamos desde já que a "OP110" efetuada pelo operador "A" é a operação com um maior número de entidades em fila, cerca de 12 entidades. Isto reforça a ideia que o recurso gargalo do sistema é o operador "A".

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Assembly OP110.Queue	12.1245	1,08	7.2570	16.2213	0.00	36.0000
Assembly OP120.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Assembly OP130.Queue	0.7646	0,06	0.5365	1.0168	0.00	6.0000
Assembly OP170.Queue	0.4235	0,02	0.3323	0.5080	0.00	5.0000
Assembly OP180.Queue	0.00442529	0,00	0.00367563	0.00498876	0.00	1.0000

Figura 44 - *Number waiting process report*

5.4.6. A Solução: Melhoria dos Sistemas para Abastecimento

Aumentar a capacidade da estrutura de abastecimento e criar um fluxo de abastecimento contínuo é uma proposta possível para melhorar este modelo de simulação, assegurando assim a redução do tempo perdido pelo operador no abastecimento do seu posto. Esta atividade ficará a cargo do *mizusumashi*.

5.4.6.1. Eliminação do Tempo de Abastecimento

Após a implementação de estruturas dimensionadas para a receção das embalagens para uma autonomia de 4 horas, procedeu-se à eliminação do tempo despendido pelo operador para abastecimento do seu posto no modelo de simulação. E assim, correndo de novo o modelo, obteve-se o resultado apresentado na Figura 45.

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Record Oil Pump	2487.60	0,24	2487.00	2488.00

Figura 45 - Outputs resultantes do modelo otimizado

Pela Figura 46 pode-se verificar que a maior taxa de utilização e número em fila de espera diz respeito ao operador "B", relativamente ao modelo otimizado.

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Automatic_screwdriver	0.7952	0,00	0.7948	0.7955
Automatic_screwdriver_OP200	0.7950	0,00	0.7947	0.7952
Feeder_Screws	0.7955	0,00	0.7950	0.7957
Gravity Feeder	0.7975	0,00	0.7972	0.7976
MIKRON	0.6638	0,00	0.6635	0.6642
Operator 1	0.8113	0,00	0.8105	0.8120
Operator 2	0.6638	0,00	0.6635	0.6642
Operator A	0.9552	0,00	0.9483	0.9597
Operator B	0.9677	0,00	0.9633	0.9720
Operator C	0.9574	0,00	0.9531	0.9624
Operator D	0.7561	0,00	0.7545	0.7579
Press OP110	0.7977	0,00	0.7975	0.7978
Press OP140	0.7967	0,00	0.7963	0.7969
Press OP150	0.7964	0,00	0.7960	0.7966
Press OP160	0.7962	0,00	0.7957	0.7963
SPECIAL_BSI	0.8113	0,00	0.8105	0.8120
Test_Bench	0.7561	0,00	0.7545	0.7579
Washing Machine	0.7452	0,00	0.7451	0.7452
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Assembly OP110.Queue	0.2515	0,02	0.1890	0.3686
Assembly OP120.Queue	0.00	0,00	0.00	0.00
Assembly OP130.Queue	0.4656	0,03	0.3544	0.5809
Assembly OP170.Queue	0.3417	0,02	0.2659	0.4309
Assembly OP180.Queue	0.00423909	0,00	0.00373714	0.00539667

Figura 46 – Utilização dos recursos e unidades em filas de espera

5.5. Implementação das Propostas

Nesta fase foi testado o funcionamento das estruturas na linha de montagem e realizado o correto ajustamento destas.

5.5.1. Operação 110 (Posto N°1)

Algumas alterações nas estantes foram efetuadas antes da sua colocação, visando o melhor desempenho dos operadores na linha de montagem.

Na estante representada na Figura 47 à direita, que armazena os pinhões e eixos longos k70 e k22, foi necessário realizar uma extensão da prateleira para fora da estrutura da estante. Isto, para facilitar o acesso às componentes por parte do operador de montagem.

Na estante localizada à esquerda, que armazena os eixos curtos k22 e k70, foi também necessário fazer uma extensão frontal para facilitar ao operador a recolha de embalagens para o bordo de linha.

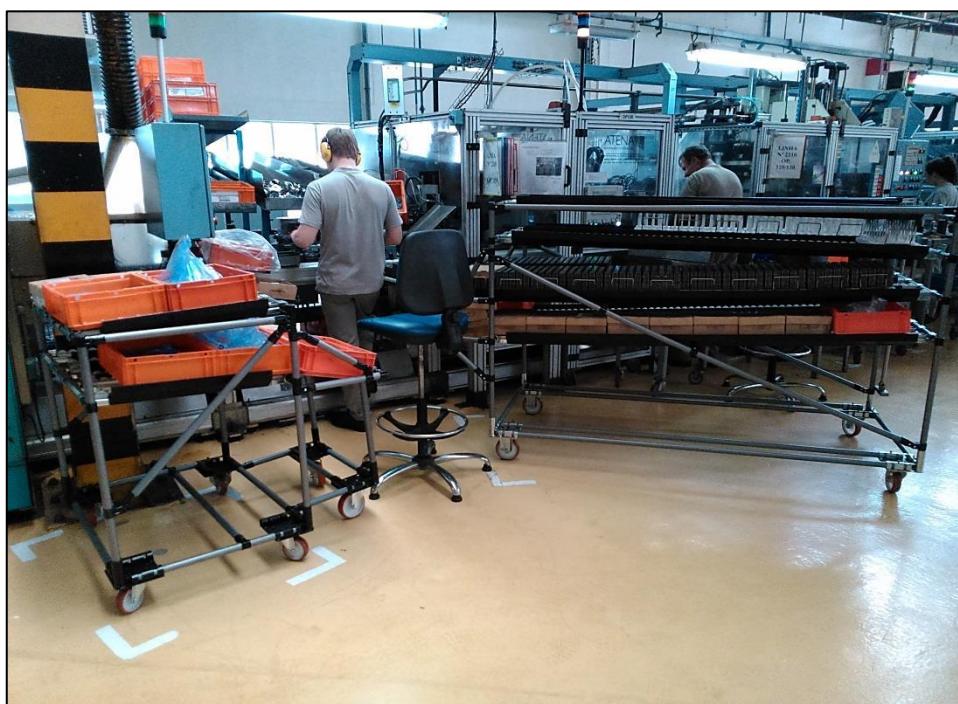


Figura 47 - Implementação das estantes no posto 1

As implementações mais demoradas foram o sistema pneumático de alimentação de Monobloco e os tapetes automáticos com sensor de presença (Figura 48), dados aos prazos do fornecedor para conceção da estrutura global dos sistemas automáticos. Esta estrutura, após ser testada numa paragem programada na linha de montagem BOK, apresentou algumas não conformidades que, posteriormente foram resolvidas considerando as necessidades operacionais:

- Dimensão insuficiente para 10 caixas de Monobloco (só comportava 8 caixas);
- Plataforma de acesso ao Monobloco não-ergonómica.



Figura 48 - Implementação de sistema automático e pneumático

5.5.2. Operação 130 (Posto N°4)

Neste posto foi implementado o reservatório para o Freio (Figura 49) com capacidade de uma caixa e meia, conferindo-lhe uma autonomia de um dia de produção, uma vez que cada caixa armazena cerca de 5000 freios.



Figura 49 - Implementação de carrinho + reservatório + alimentador de molas

Não houve necessidade de implementar o reservatório para o Tampão, uma vez que o carrinho com a plataforma dimensionada para os dois cestos de tampões servirá de bordo de linha.

5.5.3. Sistema Kanban

Os *kanbans* (Figura 50) foram implementados na estante dos pinhões. No entanto, por questões logísticas, a curto prazo não será viável a sua inclusão no processo de abastecimento. Isto deve-se ao facto de na primeira volta do *mizusumashi*, esta ser a primeira linha a ser abastecida, ou seja, para este sistema estar a funcionar, o *mizusumashi* teria que se deslocar de propósito à linha de montagem BOK para recolher os *kanbans* de acordo com o número de embalagens vazias. Esta situação não é viável, pois corresponderia a um desperdício de movimentações desnecessárias.



Figura 50 - Implementação do *Kanban*

5.6. Análise de Resultados

Analisando o modelo de simulação efetuado no ponto 5.4., conseguiu-se por fim melhorar o sistema, através da implementação das estruturas para abastecimento na linha de montagem realizada no ponto 5.5.

Elevou-se a produção média das bombas de óleo de $2463 \pm 2,31$ unidades iniciais para 2487.60 ± 0.24 peças por turno, aumentando deste modo o rendimento operacional dos 95,16% iniciais para os 96,11% no modelo otimizado, ou seja, neste modelo produzem-se, em média, mais 25 bombas de óleo em relação ao modelo inicial. Verificou-se, também que o operador "A" deixou de ser o recurso gargalo no modelo melhorado, passando o operador "B" da operação 130 a ser o recurso gargalo. Assim, este teste será verificado na linha de montagem após a implementação dos sistemas. No entanto, as melhorias obtidas em termos de produção, tornam-se um pouco difíceis de quantificar devido às ocorrências de paragem que influenciam o rendimento operacional.

Relativamente ao excesso de *stock* inicial verificado na linha de montagem, conseguiu-se com sucesso diminuir os níveis globais de *stock*, pela implementação das estruturas de abastecimento no posto 1 e posto 4.

Na Tabela 11 são apresentadas as quantidades médias diárias de cada um dos componentes antes e a após a implementação das estruturas, e como tal, as melhorias totais conseguidas.

Tabela 11 - Melhorias relativas à quantidade de *stock* existente na linha de montagem BOK

Designação	Qt Média Inicial	Qt Média Final	% de Melhoria
FILTRO	2,6	0	100,00%
FOND CREPINE	2,8	1,2	57,14%
MONOBLOCO	38,8	5,8	85,05%
VÁLVULA	8,8	3,6	59,09%
MOLA	6,6	2	69,70%
FREIO	1,4	1	28,57%
PARAFUSO M6-18	21,2	3,6	83,02%
EIXO LONGO K70	6,4	1	84,38%
PINHÃO K70	43,2	2,2	94,91%
EIXO LONGO K22	7,6	0	100,00%
PINHÃO K22	43,4	0	100,00%
TAMPÃO	5	1,8	64,00%
EIXO CURTO K70	6	0,4	93,30%
EIXO CURTO K22	5,8	0,4	93,10%
PARAFUSO M6-43	4,4	3,6	18,18%
Total	204	26,6	86,96%

Analisando a tabela acima, pode-se verificar que houve uma melhoria da ordem dos 86,96%, a nível global, relativamente ao *stock* existente na linha de montagem. De forma mais visual, na Figura 51 pode-se verificar a elevada redução de *stock* existente na instalação, armazenado em bases rolantes e plataformas de apoio.

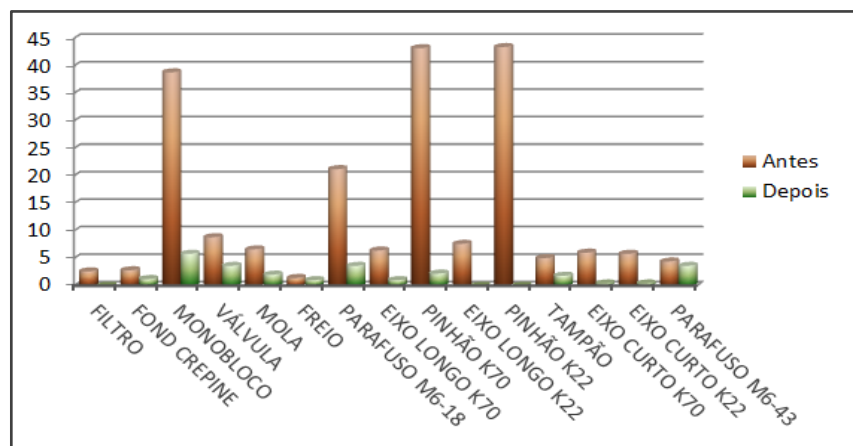


Figura 51 – Comparação da quantidade média (diária) de embalagens

Na Figura 52 pode-se visualizar o estado inicial e final da linha de montagem.



Figura 52 – Estado inicial e final da linha de montagem BOK após a implementação do projeto

Analisando a imagem, verifica-se que se libertou grande parte da área ocupada por bases rolantes. A linha de montagem ficou mais apelativa e menos confusa, mais arrumada, respeitando desta forma o FIFO e os 5S's.

6. Outros Trabalhos Efetuados

6.1. Eliminação de Desperdício

Para melhorar a qualidade e fiabilidade das tampas da BO K70, foi realizada uma proposta de tratamento de superfície, que passa por um processo de anodização que lhes confere uma maior dureza. As tampas das bombas de Óleo do K70 têm um fluxo de maquinação na OP110, saem da linha e são transportadas para lavagem na máquina da linha de montagem da bomba de óleo M1D (UET 3381). São enviadas para o fornecedor para anodizar e regressam à CACIA onde são integradas na linha antes da máquina de lavar.

Desta forma, foi necessário fazer realizar o planeamento de uma estante para a linha do M1D, uma vez que o operador sempre que completava uma caixa de tampas teria que se deslocar à base rolante para acondicionar a caixa. Isto, provocava elevadas deslocações desnecessárias à base rolante.

Com esta implementação (Figura 53) reduziu-se consideravelmente o número de deslocações do operador à base rolante, reduzindo deste modo também, o tempo da operação.



Figura 53 - Implementação de estante na linha de montagem do M1D

Na linha de montagem da Tampa da Culassa (UET 3450), dado ao desgaste elevado das guias laterais, as peças caíam no solo provocando choques, e por fim eram sucadas. De forma a resolver este problema substituíram-se as calhas existentes na estante (Figura 54).



Figura 54 - Substituição de guias laterais na linha de montagem da Tampa da Culassa

A conciliação do projeto a decorrer no departamento logístico para a implementação de um fluxo de abastecimento de 4 horas, foi preponderante para a realização do aumento da capacidade de abastecimento nas linhas de montagem.

Foram determinadas as capacidades existentes em todas as linhas do departamento de fabricação de componentes mecânicos (Anexo G). Desta forma, verificou-se que a estante localizada na linha da Tampa da Culassa tinha uma capacidade insuficiente para 4 horas de autonomia, e como consequência, o operador logístico empilhava uma caixa extra por cima das outras para a linha não parar por falta de abastecimento. Procedeu-se então à implementação (Figura 55) de uma solução, que passou por ser feita uma extensão da estante de modo a armazenar o número de caixas pretendido.



Figura 55 - Aumento da capacidade de abastecimento para 4 horas de autonomia na linha de montagem da Tampa da Culassa

6.2. Melhorias na Ergonomia

Na CACIA foram realizadas algumas melhorias na ergonomia (Figura 56 e Figura 57). A abordagem ergonômica implementada no projeto tem o objetivo de alcançar as metas de desempenho, preservando a saúde dos operadores.

Para cada posto de trabalho, as restrições ergonômicas são avaliadas de acordo com quatro critérios, Postura / Esforço / Complexidade / regulamento. Cada critério é medido na escala de 1 a 5, sendo o 5º o nível mais difícil.

Para estes quatro critérios, o objetivo é não exceder o nível 3, que corresponde ao objetivo rejeitado pela política de condição de trabalho do grupo Renault.

A cotação física depende de:

- Postura do operador (resultante de diferentes alturas de trabalho);
- Esforço realizado;
- Deslocações efetuadas;
- Repetibilidade de movimento em tempo de ciclo.

Todas estas informações são combinadas numa grelha de cotação (Anexo D).



Figura 56 - Implementação na linha de montagem BOCV (UET 3290)



Figura 57 - Implementação na linha de montagem BOK para maquinação de BOCV

Na linha de montagem da BSE (UET 3346) as peças após serem maquinadas são transportadas para uma plataforma de recolha. Esta estrutura não era muito ergonómica, segundo o operador, uma vez que era mais alta que a linha de recolha. Então foi planeada outra estrutura (Figura 58) ao nível da linha e com o dobro da capacidade.



Figura 58 – Estrutura para a linha de montagem BSE

6.3. Implementações 5S's

Pode-se constatar que os 5S's fazem parte integrante dos fundamentos do Sistema de Produção Renault. Parece, portanto, impossível de alcançar o objetivo de excelência no quotidiano sem uma implementação permanente dos 5S's (Figura 59, Figura 60 e Figura 61). Esta é uma condição necessária mas não suficiente para o funcionamento do sistema.



Figura 59 - Implementação dos 5S's na zona reservada à construção das estruturas para o projeto



Figura 60 - Implementação 5S's na linha de montagem BOK

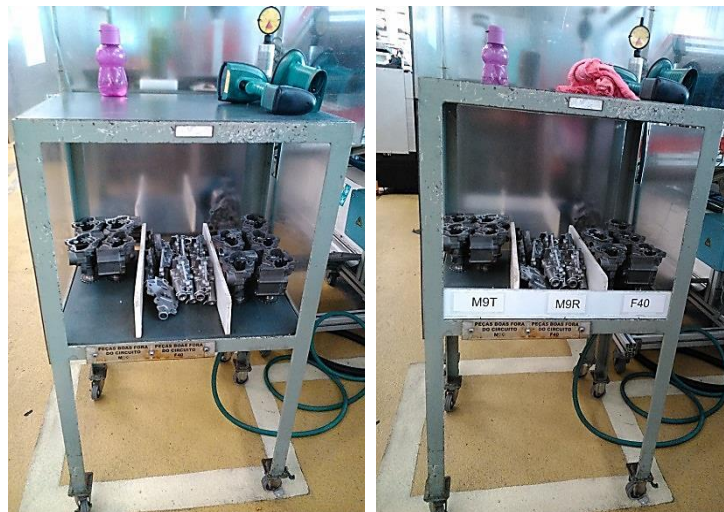


Figura 61 - 5S's na linha de montagem M (UET 3381)

6.4. **Implementação do Sistema Picking no Armazém**

Dado o conhecimento adquirido nas implementações de estantes em tubo *trilogic*, foi proposto, por parte da logística, um sistema *picking* no armazém de pequenas embalagens. Este sistema permitirá facilitar a recolha de embalagens ao operador logístico, e como tal, respeitará o FIFO. Este sistema (Figura 62 e Figura 63) foi implementado em 5 estantes a 2 níveis cada, com uma capacidade total para 90 referências.

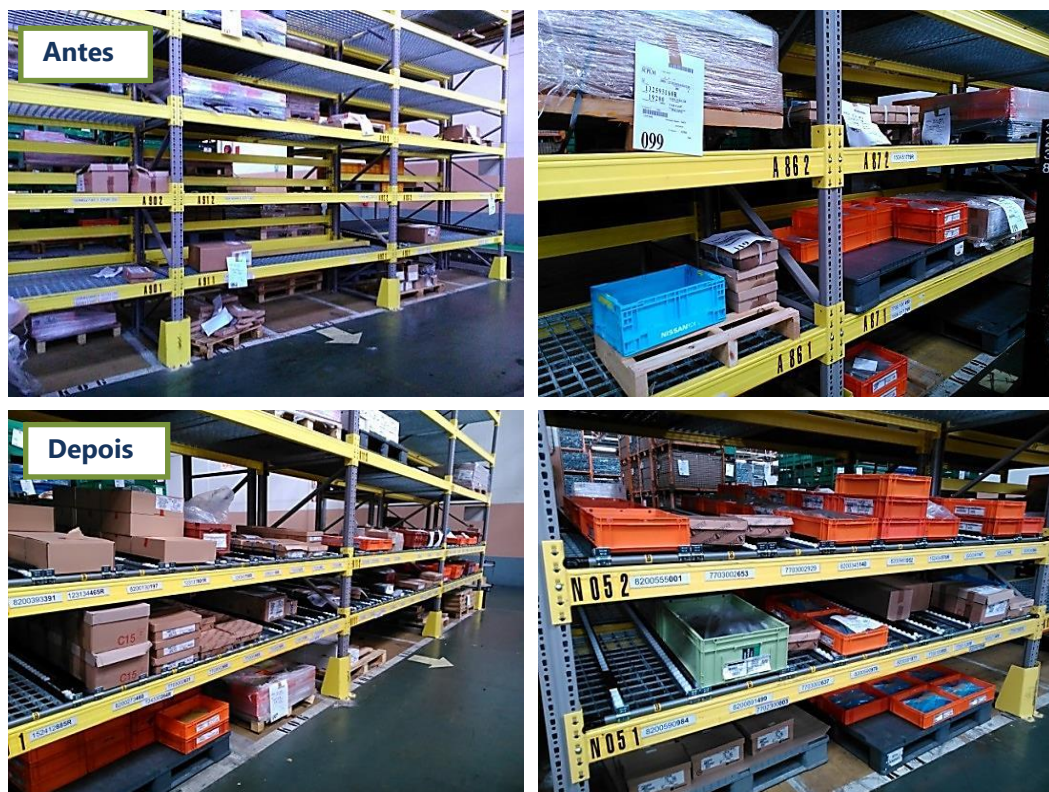


Figura 62 - Implementação de calhas para zona de *picking* no armazém para as linhas BOK, BOCV, AEQ, F e M.

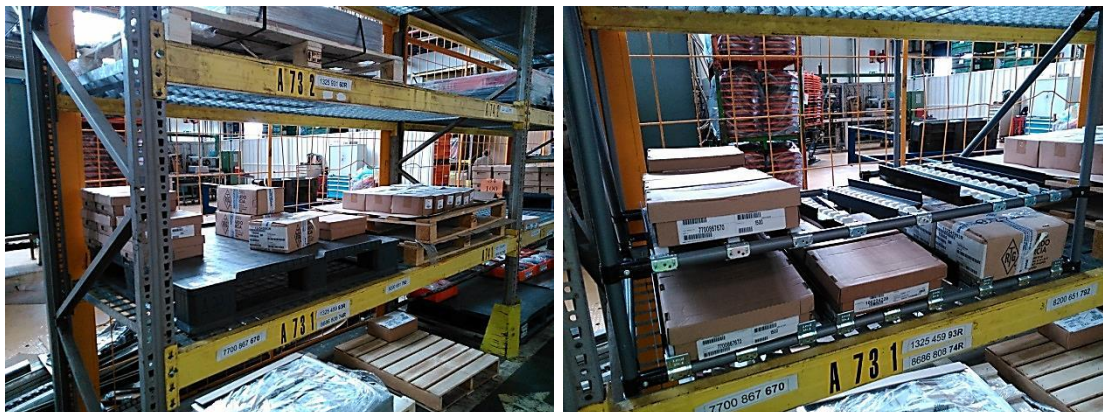


Figura 63 - Estrutura FIFO para *picking* do armazém para as linhas F e G

7. Conclusões e Perspetivas de Trabalho Futuro

Analisando os resultados, verifica-se que os objetivos propostos foram claramente alcançados. Racionalizaram-se os *stocks* de abastecimento na linha de montagem BOK e garantiu-se um ritmo contínuo das atividades de montagem. Desta forma, a linha de montagem BOK apresenta-se muito mais apelativa para futuras visitas à empresa, dado que se tornou mais limpa e organizada. Proporcionaram-se melhores condições de trabalho para os operadores, conferindo-lhes um mais fácil acesso aos componentes direcionados para a montagem da BOK.

O *mizusumashi* executa um papel crucial nesta melhoria, pois este será o responsável pelo abastecimento de cada uma das estruturas dimensionadas às necessidades de cada posto. Portanto, será mais produtivo e eficaz controlar os níveis elevados de *stock* encontrados inicialmente e, conseqüentemente, eliminar o tempo que os operadores perdem em abastecer o seu posto, aumentando desta forma a produção da linha de montagem em 1%. No entanto, com esta melhoria, o operador "A" deixa de ser o recurso gargalo.

A simulação efetuada no *Arena®* assumiu um papel importante para este trabalho. A simulação foi utilizada para testar a atividade na empresa, e permitiu conhecer antecipadamente o resultado das propostas antes de as colocar em prática. Além disso, existem várias situações que seriam muito dispendiosas ou impossíveis de realizar sem o recurso à simulação.

Tornou-se importante para este projeto o trabalho realizado em conjunto com o departamento logístico, responsável pelo fluxo de abastecimento de 4 em 4 horas para todas as linhas de montagem do departamento de componentes mecânicos. Sem esta interligação de esforços não seria possível obter resultados positivos, tanto no departamento de fabricação como para o departamento logístico, pois, se não fossem adaptados os sistemas a uma autonomia de 4 horas, as linhas de montagem iriam parar por falta de abastecimento.

Verificou-se na CACIA um esforço realizado por todas as partes em dar "voz ativa" aos operadores, no que diz respeito à melhoria contínua e à ergonomia no posto. Tornou-se fulcral para o correto funcionamento deste projeto, tanto o *feedback* dos operadores, como as sugestões de melhoria efetuadas para o seu posto de trabalho.

A elaboração deste projeto foi muito importante para adquirir o conhecimento da indústria automóvel e a destreza necessária para a resolução de problemas quotidianos, que foi preponderante para a realização de outros trabalhos na empresa.

Como trabalho futuro a desenvolver, deve-se focar sobretudo na atuação do sistema *kanban*, onde a cada 4 horas, o *mizusumashi* irá recolher as bases vazias de pinhão e, em seguida, remover a partir da estrutura de abastecimento, uma nota de encomenda correspondente a esse número. Nesta nota estará representado o número de componentes necessários para os outros postos da linha de montagem. Para isto será necessário fazer alguns ajustes nas rotas realizadas pelo *mizusumashi*, por exemplo a linha de montagem BOK ser a segunda linha a ser abastecida, desta forma o operador logístico quando abastecer outra linha, passaria pela linha K e recolhia a nota *kanban* de acordo com o número de bases de pinhões vazias e, assim, seriam evitados deslocamentos desnecessários, racionalizando, deste modo, o número de embalagens que o operador logístico teria que transportar de retorno ao armazém. No sentido da melhoria contínua, o posto de trabalho número 4 (operador "B"), será aquele para o que deverão ser apresentados projetos futuros de melhoria.

Referências Bibliográficas

- Al-e-Hashem, S., & Aryanezhad, M. (2009). An efficient method to solve a mixed-model assembly line sequencing problem considering a sub-line. *World Applied Sciences Journal*, 6(7), 168–181.
- Ali, A., & Souza, R. (2007). Modeling and simulation of hard disk drive final assembly using a HDD template. In *Proceedings - Winter Simulation Conference* (pp. 1641–1650).
- Alnahhal, M., & Noche, B. (2013). Efficient material flow in mixed model assembly lines. *SpringerPlus*, 2(1).
- Balci, O. (2010). Golden Rules of Verification, Validation, Testing, and Certification of Modeling and Simulation Applications. *SCS M&S Magazine*, 1(4).
- Black, J. T., & Hunter, S. L. (2003). *Lean Manufacturing Systems and Cell Design*. Society of Manufacturing Engineers.
- Bodek, N. (2002). Kaizen: KaZam! Kaizen rises again: The magical, practical power of small improvements. *Talent Development*, 56(1), 60–61.
- Chen, J. C., Li, Y., & Shady, B. D. (2010). From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: an industrial case study. *International Journal of Production Research*, 48(4), 1069–1086.
- Dilworth, J. B. (1989). *Production and Operations Management: Manufacturing and Nonmanufacturing* (4th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Gupta, S., & Jain, S. K. (2013). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(4), 241–249.
- Jainury, S. M., Ramli, R., Nizam, M., Rahman, A., & Omar, A. (2013). Design Concepts in Set Parts Supply Implementation 1, 6(19), 3682–3685.
- Jainury, S. M., Ramli, R., Rahman, M. N. A., & Omar, A. (2012). An implementation of set parts supply system in the Malaysian automotive industry. In *Proceedings - International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 1401–1406).
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing. *Chemical Engineering Research and Design*, 83, 662–673.

- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-Time* (3rd ed.). Engineering & Management Press.
- Pavnaskar, S. J., Gershenson, J. K., & Jambekar, A. B. (2003). Classification scheme for lean manufacturing tools. *International Journal of Production Research*, 41(13), 3075–3090.
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785–805.

ANEXOS

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
25	INVENTÁRIO										
26											
27		Cor	Qt	Dimensão	Local	545	550	1500	3720	Sobras	Descrição
28	Lateral Guide	Preto	1	2920	1p	5,36	5,31	1,95	0,78		PK OP110
29			1	2905	2p	5,33	5,28	1,94	0,78		PK OP110
30			5	565		1,04	1,03	0,38	0,15	15	EC OP 170
31			1	115	3p	0,21	0,21	0,08	0,03		
32			1	1225		2,25	2,23	0,82	0,33	125	EC OP 170
33		Alumínio	4	4000	1p	7,34	7,27	2,67	1,08	280	ION
34		Preto	4	1090	ep	2,00	1,98	0,73	0,29		EL OP110
35			1	1060	eg	1,94	1,93	0,71	0,28		
36			1	860		1,58	1,56	0,57	0,23		
37			1	970		1,78	1,76	0,65	0,26		
38			1	905		1,66	1,65	0,60	0,24		
39		2	1115	Pack	2,05	2,03	0,74	0,30		EC OP 170	
40											
41						650	650	1600	3820	Sobras	Descrição
42	Roller Tracks	Branco	2	1215	3p	1,87	1,87	0,76	0,32		EL OP110
43			7	1165		1,79	1,79	0,73	0,30		EL OP110
44			1	465		0,72	0,72	0,29	0,12		
45			1	205		0,32	0,32	0,13	0,05		
46			1	550		0,85	0,85	0,34	0,14		
47			1	1205		1,85	1,85	0,75	0,32		EL OP110
48			1	1155		1,78	1,78	0,72	0,30		EL OP110
49			1	4000		6,15	6,15	2,50	1,05		ION
50			4	1200		ep	1,85	1,85	0,75	0,31	3
51		8	1160	eg	1,78	1,78	0,73	0,30		EC OP 170	
52		6	1215	Pack	1,87	1,87	0,76	0,32	2	EC OP 170	
53	Preto	3	995	3p	1,53	1,53	0,62	0,26			
54		1	773	3p	1,19	1,19	0,48	0,20			
55		1	2572	1p	3,96	3,96	1,61	0,67		PK OP110	

Nota de Encomenda				
Componente	Referência	Qt	Preço/un	Custo
D-Coat pipe 28 mm x 2.0	CP2820-VG	10	14,34	143,40 €
GP Roller Tracks Black	GP-4036B	2	20,71	41,42 €
GP Roller Tracks White	GP-4036B	5	20,71	103,55 €
Name Plates 150 mm Ivory	NP-B-150-i	8		
Name Plates 150 mm Grey	NP-B-150-G	8		
Lateral Guide	4G-40B-E	2	20,1	40,20 €
Cover Cap (black) D-Coat pipe 28 mm	GAP-4-C-B	22		
Swivel castor without lock (D 100mm)	P503S-2	4	16,12	64,48 €
Fixed castor (D 100 mm)	P503R-2	4	13,81	55,24 €
Miscellaneous Corner Left	MCP-B-L	6	13,42	80,52 €
Miscellaneous Corner Right	MCP-B-R	6	13,42	80,52 €
Ganchos 235 mm	WR-200	4	3,74	14,96 €
Ganchos 335 mm	WR-300	2	3,74	7,48 €
				631,77 €
			Serralharia	500,00 €
			Total	1.131,77 €

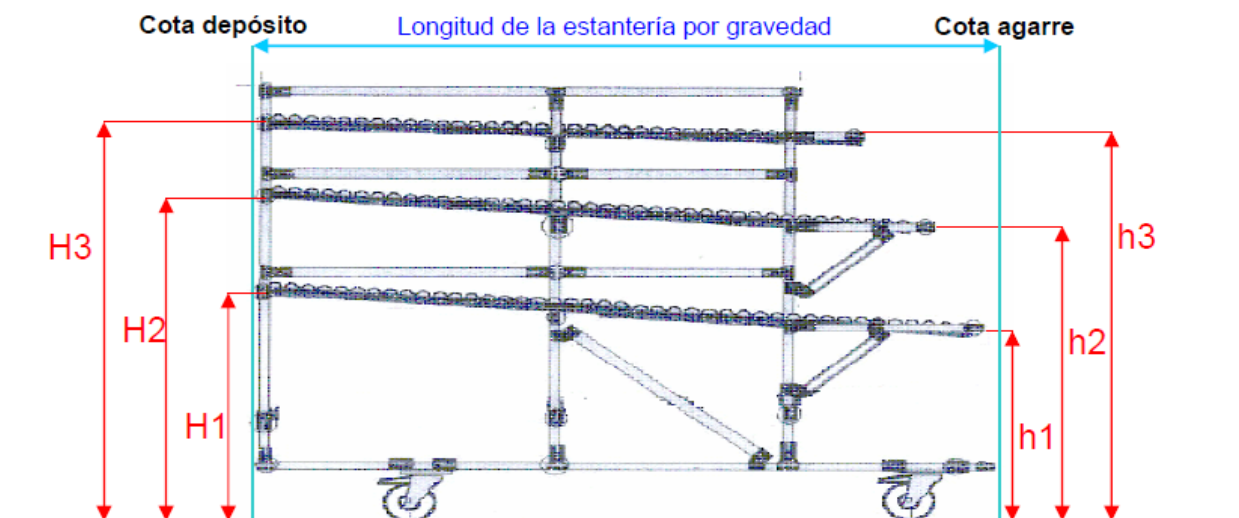
Componente	Referência	Quantidade Necessária				Dimensões (mm)			
		EC OP 170	PK OP110	TP	ION	EC OP 170	PK OP110	TP	ION
D-Coat pipe 28mmX2.0 Largura	CP2820-VG	7	4	2		820	670	650	
D-Coat pipe 28mm X2.0 Altura				10				1070	
D-Coat pipe 28mm X2.0 Comprimento					1				3790
D-Coat pipe 28mm X2.0 Lateral Diagonal		4	2	2	4	730	1640	640	1930
GP Roller Tracks 4 Pretas/ 5 Brancas	GP-4036B		4		5		1600		3820
Lateral Guide	4G-40B-E		4				1500		

Planeamento do Inventário										Completo
										Em falta
Descrição	Cor	ID	Qt stock	Dim(mm)	Local	Descrição	Qt	Dim(mm)	z	
Lateral Guide	Preto	1	1	2320	2p	PK OP110	2	1460		
		2	1	2305			2	1452,5		
		3	5	565	2p		5			
		4	1	1225	3p	C OP 170	2	550		
		5	2	1115	2p		1			
		6	4	1030	ep	EL OP110	8	545		
	Alumínio	7	4	4000	1p	ION	4	3720		
Roller Tracks	Branco	8	2	1215			2			
		9	7	1165			7			
		10	1	1285	3p	EL OP110	1	650		
		11	1	1155			1			
		12	4	1200	3p		1			
		13	1	1160	1p		8			
		14	5	1215	3p	C OP 170	4			
	15	1	4000	1p	ION	1	3820			
	Preto	16	1	2572	1p		1			
		17	1	3822	1p	PK OP110	1	1600		
18		1	4000	1p		2				
Tubo / Comprimento		19	1	530	3p	TP	1			
		20	2	600			2	500		
		21	2	600	1p		2			
		22	4	600	1p		1			
		23	2	1230	3p	PK OP110	2	1545		
		24	4	1620	eg		4	620		
		25	1	2700	1p	C OP 170	4	610		
		26	4	1820	eg	EL OP110	6			
27	5	4000	1p	ION	5	3790				
Tubo/Altura		28	1	1100	3p	PK OP110	1			
		29	1	1110	eg		1	1070		
		30	2	1400	eg	EL OP110	2			
		31	2	1200	ep		2			
		32	2	1110	eg	ION	2	1080		
Tubo/Largura		22	4	600	ep	PK OP110	3	670		
		33	1	600	eg	EL OP110	8	800		

Componente	Referência	Quantidade Necessária				Dimensões (mm)			
		C OP 170	PK OP110	TP	ION	OP 170	PK OP110	TP	ION
D-Coat pipe 28mm X2		7	4	2		820	670	650	
D-Coat pipe 28mm X2	P2820-V			10				1070	
D-Coat pipe 28mm X2					1				3790
D-Coat pipe 28mm X2		4	2	2	4	730	1640	640	1930
GP Roller Tracks 4 P/	GP-4036B		4		5				3820
Lateral Guide	4G-40B-E		4					1500	

Extras	Qt	Dim (mm)
D-Coat pipe	4	320
	4	230
	2	225
	2	160
Roller Tracks	2	160
	4	140

Anexo C – Determinação das Alturas das Prateleiras em Função da Longitude e do Peso



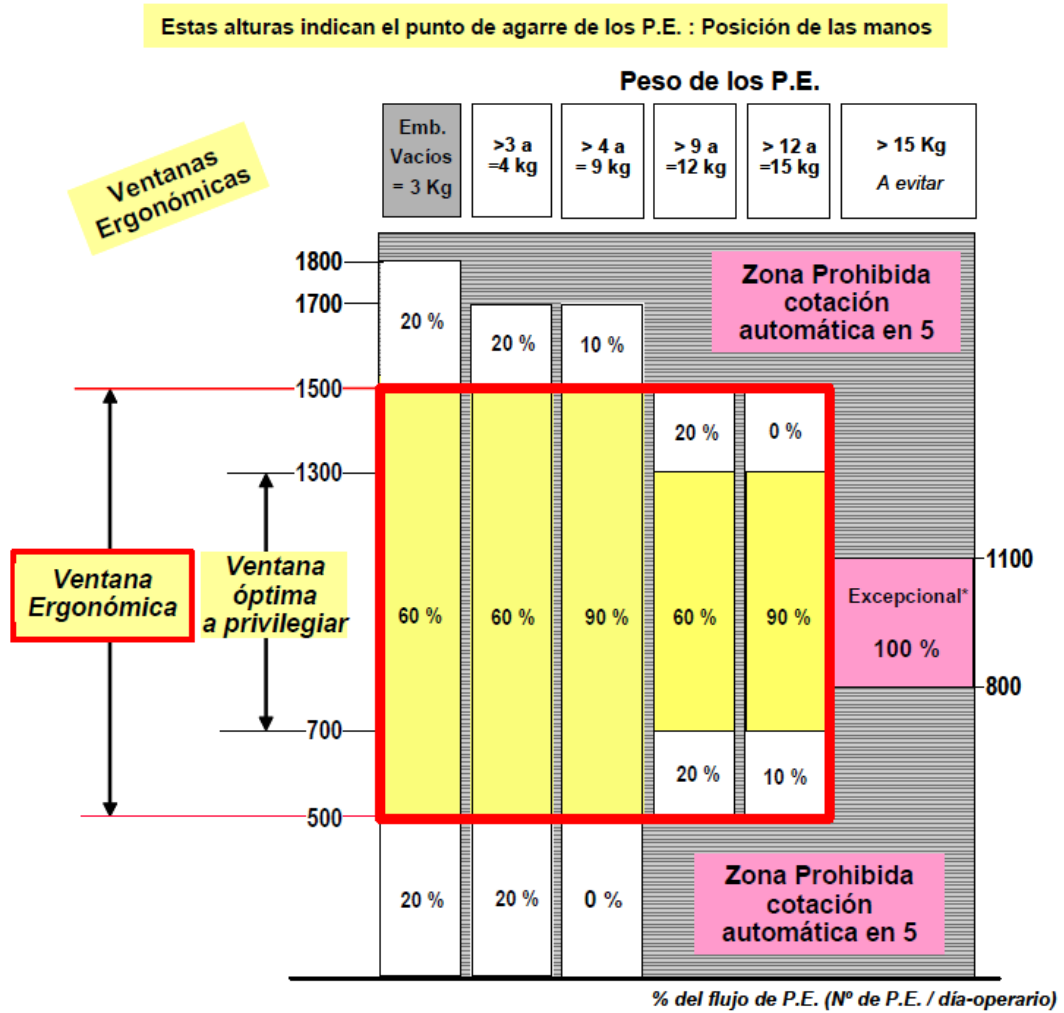
Longitud de la estantería	1000	2000	3000	4000	5000	6000
h1	380	380	380	380	380	380
H1	432	485	537	590	642	694
h2	780	780	780	780	780	780
H2	832	885	937	990	1042	1094
h3	1180	1180	1180	1180	1180	1180
H3	1232	1285	1337	1390	1442	1494

Respetar la fórmula $H = h \times L \times \text{tg } 3^\circ$

Nivel tolerado si \leq al 20 % del flujo

PE provisionados en estanterías dinámicas

- ✓ La estantería estará organizada de acuerdo al ábaco siguiente:



Para los flujos muy importantes, es preferible un retorno sobre una estantería específica.

* por excepcional se entiende puntual, es decir, frecuencia = 10 veces/hora

Anexo D – Grelha de Cotação Ergonómica

POSTURE									
TRONC				TETE	MEMBRE SUPERIEUR			MOBILITE MEMBRES INFERIEURS	NIVEAU
FLEXION		INCLINAISON	ROTATION		BRAS/MAIN		DOIGTS-MAIN POIGNET		
sans appui ou avec durée ou effort	- avec appui (1) - durée ≤ 2 sec et effort ≤ 2 Kg				- durée > 6 sec ou effort > 3 Kg	- durée ≤ 6 sec et effort ≤ 3 Kg			
	B1	C1	D1		F1	G1	H1	k1	1
	A2	B2	C2	D2		F2	G2	H2	k2
	A3	B3	C3	D3		F3	G3	H3	k3
	A4	B4	C4	D4	E4	F4	G4	H4	k4
	A5	B5	C5	D5	E5	F5	H5	k5	5

<p>(1) Exemples d'Appuis Confortables - entre le haut des cuisses et le nombril, - appui sur une main, - possibilité de décaler franchement les pieds.</p> <p>(2) Cumul de Positions du Tronc. Si il y a cumulé de 2 positions aux limites, il faut ajouter 1 niveau selon l'exemple suivant : A3 à près de 30° et C3 à près de 30°, donne une Cotation niveau 4.</p> <p>(3) Cotation : si, pour une opération donnée, un effort > 6 Kg est associé à la posture de niveau 5, la cotation du poste reste au niveau 4.</p>				
"H" : EMMANCHEMENTS ET CLIPSAGES				
Effort exercé par les Doigts, en fonction de la surface de contact		Flexion - Extension de la Main		
Bonne	Mauvaise	< 30°	30 à 60°	> 60°
≤ 3 Kg	≤ 2 Kg	H2	H3	H4
> 3 à 6 Kg	> 2 à 4 Kg	H3	H4	H5
> 6 à 10 Kg	> 4 à 6 Kg	H4	H5	H5
> 10 Kg	> 6 Kg	H5	H5	H5

Niveau Opération(s)	COTATION GLOBALE DU POSTE		
	≤ 10 fh ou Durée ≤ 5% tcy	11 à 100 fh ou Durée entre 6 et 30% tcy	> 100 fh ou Durée > 30% du tcy
1	1	1	1
2	1	1	2
3	1	2	3
4	2	3	4
5	3/4 th	4	5

Anexo F – Verificação do Stock (Antes e Depois)

ID	Designação	Referência	Qt (4h)	Nº un	Dia 1	Dia 2	Dia3	Dia 4	Dia 5	Qt Média	% Stock
1	FILTRO	7.700.106.546	1	2700	0	1	6	0	6	2,6	1,27%
2	FOND CREPINE	7.700.106.552	3	450	0	2	3	6	3	2,8	1,37%
3	MONOBLOCO	8.200.065.121	10	120	46	23	21	55	49	38,8	19,02%
4	VÁLVULA	1.524.128.85R	3	576	0	16	9	7	12	8,8	4,31%
5	MOLA	8.200.273.460	1	1200	0	10	8	7	8	6,6	3,24%
6	FREIO	7.703.068.106	1	5000	0	2	0	0	5	1,4	0,69%
9	PARAFUSO M6-18	7.703.002.668	4	1500	40	38	3	16	9	21,2	10,39%
10	EIXO LONGO K70	7.700.100.490	6	200	11	10	0	6	5	6,4	3,14%
11	PINHÃO K70	8.200.124.493	20	120	42	34	53	31	56	43,2	21,18%
12	EIXO LONGO K22	7.700.739.175	6	200	8	0	8	9	13	7,6	3,73%
13	PINHÃO K22	7.700.273.041	16	160	18	32	47	52	68	43,4	21,27%
14	TAMPÃO	7.700.107.717	1	1300	6	8	0	5	6	5	2,45%
15	EIXO CURTO K70	1.504.517.79R	3	450	0	6	13	7	4	6	2,94%
16	EIXO CURTO K22	8.200.555.002	3	500	11	0	6	5	7	5,8	2,84%
17	PARAFUSO M6-43	7.703.002.631	2	800	8	7	0	3	4	4,4	2,16%
TOTAL										204	

Designação	Referência	Qt (4h)	Nº un	Dia 1	Dia 2	Dia3	Dia 4	Dia 5	Qt Média	% Stock
FILTRO	7.700.106.546	1	2700	0	0	0	0	0	0	0,00%
FOND CREPINE	7.700.106.552	3	450	2	0	2	2	0	1,2	4,51%
MONOBLOCO	8.200.065.121	10	120	6	2	7	6	8	5,8	21,80%
VÁLVULA	1.524.128.85R	3	576	3	7	3	3	2	3,6	13,53%
MOLA	8.200.273.460	1	1200	8	0	1	0	1	2	7,52%
FREIO	7.703.068.106	1	5000	2	3	0	0	0	1	3,76%
PARAFUSO M6-18	7.703.002.668	4	1500	5	4	3	4	2	3,6	13,53%
EIXO LONGO K70	7.700.100.490	6	200	0	1	0	2	2	1	3,76%
PINHÃO K70	8.200.124.493	20	120	6	1	2	2	0	2,2	8,27%
EIXO LONGO K22	7.700.739.175	6	200	0	0	0	0	0	0	0,00%
PINHÃO K22	7.700.273.041	16	160	0	0	0	0	0	0	0,00%
TAMPÃO	7.700.107.717	1	1300	0	5	1	2	1	1,8	6,77%
EIXO CURTO K70	1.504.517.79R	3	450	2	0	0	0	0	0,4	1,50%
EIXO CURTO K22	8.200.555.002	3	500	2	0	0	0	0	0,4	1,50%
PARAFUSO M6-43	7.703.002.631	2	800	8	3	0	2	5	3,6	13,53%
TOTAL										26,6

Anexo G – Determinação das Capacidades Existentes nas Linhas

	A	B	C	E	G	K	L	N	O	P	Q	R
1	UET	Referência	Descrição peça	Nome UET	QT Peças/ UC	QT Peças usadas	Cadência máx/equipa	Autonomia (min)	Autonomia (h)	Nº Embalagens para Auto. (4h)	Autonomia (>4h)	Capacidade Existente
4	3352 - Montagem BO K	7700106546	CREPINA BBA.OL. E/K	Bomba Óleo K	2700	1	2400	540	9,00	1	9,00	5
5	3352 - Montagem BO K	7700106552	FUNDO CREPINA E/K	Bomba Óleo K	450	1	2400	90	1,50	3	4,50	4
6	3352 - Montagem BO K	152412885R	CLAPET BBO NOVO	Bomba Óleo K	576	1	2400	115	1,92	3	5,76	3
7	3352 - Montagem BO K	7700107717	TAMP.VAL.DESC. E/K	Bomba Óleo K	1300	1	2400	260	4,33	1	4,33	3
8	3352 - Montagem BO K	7703068106	FREIO BBA OLEO E/K/F	Bomba Óleo K	5000	1	2400	1000	16,67	1	16,67	6
9	3352 - Montagem BO K	7700739175	EIXO COM.BBA.OLE/K	Bomba Óleo K	200	1	2400	40	0,67	6	4,00	1
10	3352 - Montagem BO K	8200065121	PINH.MONOB.22DENTES	Bomba Óleo K	120	1	2400	24	0,40	10	4,00	5
11	3352 - Montagem BO K	8200555002	EIXO PIN.LOU.BBA OL	Bomba Óleo K	500	1	2400	100	1,67	3	5,00	1
12	3352 - Montagem BO K	7700273041	PINH.BBA.OLE/K/F	Bomba Óleo K	160	2	2400	32	0,53	16	4,27	10
13	3352 - Montagem BO K	7700100490	ARV.CMD.BBA OLEO	Bomba Óleo K	200	1	2400	40	0,67	6	4,00	1
14	3352 - Montagem BO K	150451779R	EIX.PINH.LOU. K/F	Bomba Óleo K	450	1	2400	90	1,50	3	4,50	1
15	3352 - Montagem BO K	8200124493	PINH.BBA OL.K9/F9	Bomba Óleo K	120	2	2400	24	0,40	20	4,00	11
16	3352 - Montagem BO K	7700101250	PINH.MONOBLOCO 24	Bomba Óleo K	84	1	2400	16	0,27	15	4,20	5
17	3444 - Carter Intermédio	009331221A	TAMPAO D.22 H5	Semelle	750	4	372	241	4,02	1	4,03	4
18	3444 - Carter Intermédio	152410708R	VAL.DES.FILTRO H5	Semelle	300	1	372	387	6,45	1	6,45	5
19	3444 - Carter Intermédio	152413953R	VAL.DES.ECHAN.H5F	Semelle	250	1	372	322	5,37	1	5,38	5
20	3450 - Tampa Culassa	118326369R	PLACA 1 DECANT.	Tampa da Culassa	50	1	362	66	1,10	4	4,42	3
21	3450 - Tampa Culassa	118322415R	PLACA 2 DECANT.	Tampa da Culassa	50	1	362	66	1,10	4	4,42	3
22	3450 - Tampa Culassa	132709416R	JUNTA TAMP.CUL.H5	Tampa da Culassa	100	1	362	132	2,20	2	4,42	5
23	3450 - Tampa Culassa	132774114R	EMBOUT 1 SAID.DEC	Tampa da Culassa	700	1	362	928	15,47	1	15,47	5
24	3450 - Tampa Culassa	118100M300	VALV.REAS.VAP.OL	Tampa da Culassa	800	1	362	1060	17,67	1	17,68	5
25	3450 - Tampa Culassa	1181241B00	JUNTA VALV.REASP	Tampa da Culassa	1000	1	362	1325	22,08	1	22,10	5
26	3290 - Montagem BOCV	150476796R	ARV.CDO.VOP M/R	Bomba Óleo VDOP	160	1	528	145	2,42	3	7,27	14
27	3290 - Montagem BOCV	150461525R	PINH.CDO VOP M9T	Bomba Óleo VDOP	56	1	528	50	0,83	7	5,94	14
28	3290 - Montagem BOCV	8200582334	GUIA CENTRAGEM 9X11	Bomba Óleo VDOP	4000	2	528	1818	30,30	1	30,30	

29	3290 - Montagem BOCV	150851990R	VALV.REG.VOP M/R	Bomba Óleo VDOP	800	1	528	727	12,12	1	12,12	
30	3290 - Montagem BOCV	150863515R	FILTRO VALV. M/R	Bomba Óleo VDOP	2000	1	528	1818	30,30	1	30,30	
31	3290 - Montagem BOCV	150982347R	MOL.VAL.REG.VOP M	Bomba Óleo VDOP	4000	1	528	3636	60,60	1	60,61	2
32	3290 - Montagem BOCV	150876881R	GOLP.VAL.REG M/R	Bomba Óleo VDOP	2500	1	528	2272	37,87	1	37,88	2
33	3290 - Montagem BOCV	150880870R	TAMP.VAL.REG.M/R	Bomba Óleo VDOP	3000	1	528	2727	45,45	1	45,45	4
34	3290 - Montagem BOCV	150835129R	ANEL CENT.ALHETAS	Bomba Óleo VDOP	1000	2	528	454	7,57	1	7,58	1
35	3290 - Montagem BOCV	150821579R	SUPOR.ALHETAS VOP	Bomba Óleo VDOP	66	1	528	60	1,00	6	6,00	12
36	3290 - Montagem BOCV	150845763R	ALHETA VOP M9T	Bomba Óleo VDOP	3000	7	528	389	6,48	1	6,49	
37	3290 - Montagem BOCV	150781236R	ANEL REG VOP M/R	Bomba Óleo VDOP	60	1	528	54	0,90	7	6,36	9
38	3290 - Montagem BOCV	150896419R	VEDANTE ANEL VOP	Bomba Óleo VDOP	1000	1	528	909	15,15	1	15,15	
39	3290 - Montagem BOCV	150798303R	MOLA ANEL REG M/R	Bomba Óleo VDOP	1400	1	528	1272	21,20	1	21,21	
40	3290 - Montagem BOCV	150779126R	GUIA MOL.ANEL M/R	Bomba Óleo VDOP	250	1	528	227	3,78	2	7,58	
41	3290 - Montagem BOCV	150980047R	MOLA TERM.VOP.M/R	Bomba Óleo VDOP	2500	1	528	2272	37,87	1	37,88	
42	3290 - Montagem BOCV	150467686R	PINH.CDO VOP R9M	Bomba Óleo VDOP	36	1	528	32	0,53	11	6,00	6
43	3290 - Montagem BOCV	150982961R	MOLA VALV.REG.R9M	Bomba Óleo VDOP	5000	1	528	4545	75,75	1	75,76	2
44	3290 - Montagem BOCV	150842446R	ALHETA VOP H4/R9	Bomba Óleo VDOP	3000	7	528	389	6,48	1	6,49	6
45	3290 - Montagem BOCV	150478409R	ARV.CDO VOP H4	Bomba Óleo VDOP	100	1	528	90	1,50	4	6,06	
46	3290 - Montagem BOCV	150263627R	PIN.CDO VOP H EI	Bomba Óleo VDOP	280	1	528	254	4,23	2	8,48	3
47	3290 - Montagem BOCV	150789593R	ANEL CONTR.VOP H4	Bomba Óleo VDOP	60	1	528	54	0,90	7	6,36	10
48	3290 - Montagem BOCV	150793549R	MOLA ANEL REG H4	Bomba Óleo VDOP	1500	1	528	1363	22,72	1	22,73	
49	3290 - Montagem BOCV	150772888R	GUIA MOLA ANEL H4	Bomba Óleo VDOP	5000	1	528	4545	75,75	1	75,76	
50	3290 - Montagem BOCV	150850609R	VALV.REGUL.VOP H4	Bomba Óleo VDOP	1410	1	528	1281	21,35	1	21,36	14
51	3290 - Montagem BOCV	150985273R	MOLA VALV REG H4	Bomba Óleo VDOP	4000	1	528	3636	60,60	1	60,61	2
52	3290 - Montagem BOCV	150873769R	GOLPI.VALV.REG.H4	Bomba Óleo VDOP	5000	1	528	4545	75,75	1	75,76	2
53	3290 - Montagem BOCV	150881235R	TAMP.VALV.VOP H4	Bomba Óleo VDOP	5000	2	528	2272	37,87	1	37,88	2
54	3290 - Montagem BOCV	152438377R	MOLA VAL.DESC.H4B	Bomba Óleo VDOP	1200	1	528	1090	18,17	1	18,18	
55	3290 - Montagem BOCV	150879090R	ESF.VAL.DESC H4B	Bomba Óleo VDOP	1440	1	528	1309	21,82	1	21,82	

56	3290 - Montagem BOCV	150812007R	TERMOSTAT.VOP M/R	Bomba Óleo VDOP	1800	1	528	1636	27,27	1	27,27	
57	3290 - Montagem BOCV	150828992R	VAL.TERMO.VOP M/R	Bomba Óleo VDOP	1000	1	528	909	15,15	1	15,15	
58	3290 - Montagem BOCV	150831890R	TAMP.TERM.VOP M/R	Bomba Óleo VDOP	800	1	528	727	12,12	1	12,12	
59	3290 - Montagem BOCV	150853722R	BUTEE MOLA VALAR	Bomba Óleo VDOP	10000	1	528	9090	151,50	1	151,52	
60	3290 - Montagem BOCV	150860313R	LAM.MOLA VALA/R	Bomba Óleo VDOP	8000	1	528	7272	121,20	1	121,21	
61	3290 - Montagem BOCV	150979254R	GUIA TAMP.VOP M/R	Bomba Óleo VDOP	20000	2	528	9090	151,50	1	151,52	
62	3290 - Montagem BOCV	150886288R	FILTRO VOP H4B	Bomba Óleo VDOP	2000	1	528	1818	30,30	1	30,30	
63	3290 - Montagem BOCV	152412073R	VALV.VOP H4B EI	Bomba Óleo VDOP	60	1	528	54	0,90	7	6,36	15
64	3356 - BSE K/F	7700104134	EMBOUT BSE K4/F	BSE	400	1	602	318	5,30	1	5,32	16
65	3356 - BSE K/F	226300007R	CAPTOR TEMP AGUA	BSE	190	1	602	151	2,52	2	5,05	10
66	3449 - Montagem rampa bala	132593160R	ROLAM.BAL.D4F	Rampa Balanceiros	4800	8	371	776	12,93	1	12,94	6
67	3449 - Montagem rampa bala	868680874R	ANILHA BAL.D4F	Rampa Balanceiros	10000	16	371	808	13,47	1	13,48	6
68	3449 - Montagem rampa bala	8201282017	EIXO ROLA.BAL D4F	Rampa Balanceiros	750	8	371	121	2,02	2	4,04	20
69	3445 - Mont. Tambores	479702843R	COROA ABS TAMBOR	Tambores Pintura	270	1	349	371	6,18	1	6,19	4
70	3446 - Mont. Tambores	8200639543	ROLAMENT.TAMBOR	Tambores Pintura	20	1	349	27	0,45	9	4,13	6
71	3380 - Montagem BO FXX	7700100895	FILTRO CREPINA F T/T	Bomba Óleo Fxx	500	1	1065	10	0,17	2	7,51	10
72	3380 - Montagem BO FXX	7700112538	FUNDO CREPINA BRANCO	Bomba Óleo Fxx	500	1	1065	5	0,08	2	7,51	3
73	3380 - Montagem BO FXX	152412885R	CLAPET BBO NOVO	Bomba Óleo Fxx	576	1	1065	9	0,15	1	4,33	3(8)
74	3380 - Montagem BO FXX	7700738213	TAMPAO VALV.DESC.G/F	Bomba Óleo Fxx	1300	1	1065	14	0,23	1	9,77	10
75	3380 - Montagem BO FXX	7703068106	FREIO BBA OLEO E/K/F	Bomba Óleo Fxx	5000	1	1065	3	0,05	1	37,56	4
76	3380 - Montagem BO FXX	7700100490	ARV.CMD.BBA OLEO	Bomba Óleo Fxx	150	1	1065	9	0,15	4	4,51	12
77	3380 - Montagem BO FXX	7700101250	PINH.MONOBLOCO 24D	Bomba Óleo Fxx	84	1	1065	11	0,18	7	4,42	12
78	3380 - Montagem BO FXX	8200555002	EIXO PIN.LOU.BBA	Bomba Óleo Fxx	500	1	1065	9	0,15	2	7,51	3
79	3380 - Montagem BO FXX	7700273041	PINH.BBA.OLE/K/F	Bomba Óleo Fxx	160	2	1065	28	0,47	7	4,21	32
80	3380 - Montagem BO FXX	8200582334	GUIA CENTRAGEM 9X11	Bomba Óleo Fxx	4000	2	1065	9	0,15	1	15,02	8
81	3380 - Montagem BO FXX	8200087136	PINH.MONOB.20D.FRITE	Bomba Óleo Fxx	160	1	1065	12	0,20	4	4,81	8
82	3431 - Arvore AEQ M1D	8200739554	TACO OBTUR. OLEO	Arvore M1D	10000	1	169	22	0,37	1	473,37	2

83	3434 - Carter AEQ M1D/M9T	123137801R	BAG.C/GOLA AEQ	Carter AEQ	250	4	340	70	1,17	3	4,41	T 2
84	3434 - Carter AEQ M1D/M9T	123134465R	BAG.S/GOLA AEQ	Carter AEQ	250	2	340	70	1,17	2	5,88	T 2
85	3435 - Montagem AEQ M1D	8200130197	GUIA 9X11 CENTRAG	Montagem M1D	4000	6	100	48	0,80	1	53,33	4
86	3435 - Montagem AEQ M1D	8200382123	CAPA C/RANHURA AE	Montagem M1D	896	4	100	144	2,40	1	17,92	8
87	3435 - Montagem AEQ M1D	8200382124	CAPA PEQUEN AEQ	Montagem M1D	1620	4	100	96	1,60	1	32,40	8
88	3435 - Montagem AEQ M1D	8200382120	MEIA-LUA AEQ MXX	Montagem M1D	3660	4	100	48	0,80	1	73,20	3
89	3455 - Montagem AEQ M9T	0093311890	BOUCHON DIAM 18	Montagem M9T	2000	3	300	115	1,92	1	17,78	3
90	3455 - Montagem AEQ M9T	8200130197	GUIA 9X11 CENTRAG	Montagem M9T	4000	2	300	16	0,27	1	53,33	tubo
91	3455 - Montagem AEQ M9T	124330284R	MASSA AEQ M9T	Montagem M9T	30	4	300	64	1,07	20	4,00	28
92	3455 - Montagem AEQ M9T	124343758R	COQ.AEQ M9T NOV	Montagem M9T	215	4	300	80	1,33	3	4,30	6
93	3455 - Montagem AEQ M9T	124031057R	BUTEE AEQ M9T	Montagem M9T	216	2	300	64	1,07	2	5,76	3
94	3455 - Montagem AEQ M9T	111132479R	PLACA ANT-EMULSAO	Montagem M9T	90	1	300	24	0,40	2	4,80	2
95	3290 - Montagem BOCV	150934147R	PARA. FIX .TAMP. VOP	Bomba Óleo VDOP	2000	8	548	220	3,67	1	3,65	8

Anexo H – Planejamento do Sistema *Picking* no Armazém

	Referência	Dimensão (mm)	Total	Quantidade		Qt Ap	Qt Encomend	Cu	CT1	CT 4m	CT Dim
				1º	2º						
Tubos	CP-2820-VG	2840	6	3	3	6	6	14,34	86,04	86,04	61,0884
Rolos	GP-4036B	2095	36	18	18	20	36	20,71	414,2	745,56	390,487
Guia Calha Vertical	RG40C	1995	18	9	9	14	18	18,82	263,48	338,76	225,275
Roletes (amortecedor)	EWS-A 4036B		36	18	18	36	36	1,75	63	63	63
Conexion	G-104-BK		24	12	12	24	24	0,54	12,96	12,96	12,96
Suporte Rolos	GP-NA		36	18	18	36	36	1,42	51,12	51,12	51,12
Suporte Rolos	GP-NB		36	18	18	36	36	1,28	46,08	46,08	46,08
TOTAL								936,88	1343,52	850,011	

CONVERSÃO	
ROLOS	
745,56	4000
390,487	2095
TUBOS	
86,04	4000
61,0884	2840
GUIA CALHA VERTICAL	
338,76	3000
225,275	1995

	Referência	Dimensão (mm)	NºPrat	Total	Quantidade						Qt Encomenda	Cu	CT
					1º	2º	3º	4º	5º	6º			
Tubos 4 m	CP-2820-VG	4000	3	18	3	3	3	3	3	3	20	14,34	286,8
Rolos 4 m	GP-4036B	4000	3	96	16	16	16	16	16	16	60	20,71	1242,6
Guia Calha Vertical 3 m	RG40C	3000	3	96	16	16	16	16	16	16	70	18,82	1317,4
Roletes (amortecedor)	EWS-A 4036B			96	16	16	16	16	16	16	100	1,75	175
Conexion	G-104-BK			72	12	12	12	12	12	12	100	0,54	54
Suporte Rolos	GP-NA			96	16	16	16	16	16	16	70	1,42	99,4
Suporte Rolos	GP-NB			96	16	16	16	16	16	16	70	1,28	89,6
TOTAL												3264,8	

* Para a linha de montagem K

UET 3352	Dimensão (mm)	Necessário	Stock	Em Falta	Quantidade		Total	Disponível
					Quantidade	Dimensã		
	2500				8	4000	32000	12,8
	2600				50	1915	95750	23,9375
	2500				19	3000	57000	TOTAL Guide
Material para 48 referencias					14	1500	21000	78000
					17	1500	25500	8,5
						249600	153850	
	1400					62,4	38,463	
	1200	2500	45000	32000	13000	3,25		
		2600	249600	95750	153850	38,463		
		2500	240000	78000	162000	54	240000	162000
							54	
						11,25		
						62,4		
						80		