



**João Filipe Martins
Duarte Rios**

**Desenho e conceção de armazém - redefinição de
operação logística da Aspöck Portugal**



**João Filipe Martins
Duarte Rios**

Desenho e conceção de armazém - redefinição de operação logística da Aspöck Portugal

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestrado em Engenharia Mecânica, realizada sob orientação científica de Mónica Sandra Abrantes de Oliveira Correia, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro e de Carina Maria Oliveira Pimentel, Professora Auxiliar do Departamento de de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.

O júri / The jury

Presidente / President

Prof. Doutor Carlos Alberto Moura Relvas

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Prof. Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel

Professor Auxiliar da Departamento de de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo (co-orientadora)

Prof. Doutor Manuel Augusto de Pina Marques

Professor Auxiliar da Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto

Agradecimentos / Acknowledgements

Gostaria de agradecer à Prof. Doutora Mónica Oliveira, minha orientadora, pelo apoio prestado e por ter acreditado que era possível realizar este projeto. À Prof. Doutora Carina Pimentel, minha co-orientadora, pela disponibilidade e pelo apoio técnico.

Um agradecimento sincero ao Carlos Roque, por este estimulante desafio. Foi um exemplo de liderança e estratégia e nunca pareceu hesitar ao depositar em alguém tão novo toda confiança para desenvolver um projeto desta magnitude.

Ao João e ao Rogério, por terem sido bons companheiros nesta etapa, com o sentido crítico e de humor necessários para a enfrentar.

Aos meus Pais, pela dedicação e esforço que tiveram e por serem um exemplo de vida.

Aos meus Irmãos, por fazerem parte do que sou hoje.

À Joana, pela ajuda e inspiração.

Palavras-chave

Logística; Cadeia de Abastecimento; Dimensionamento Armazém; *Kanban*; *Value Stream Map*; Fluxos; *Layout*

Resumo

Descrição do processo de conceção de um novo armazém da Aspöck Portugal, uma empresa do sector automóvel, com a correspondente definição de fluxo de material e informação no processo logístico. Análise aos constrangimentos existentes nomeadamente financeiros, estruturais, operacionais, tecnológicos e orográficos, bem como às soluções encontradas para os minorar. Enumeração das etapas de revisão do conceito logístico da empresa, dando ênfase à utilização da metodologia de *Value Stream Map* para uma melhor compreensão da organização e diagnóstico, não apenas dos problemas mas também das vantagens competitivas da organização. Definição do novo layout do armazém, definido para permitir a implementação de novas metodologias de trabalho, nomeadamente o abastecimento *Kanban* às linhas e de ferramentas de redução de stock baseadas em sistemas *Pull*. Comparação entre indicadores de performance da empresa antes e após a implementação das alterações. Análise às melhorias no aumento de faturação e de produtividade, bem como na redução de *stocks* e de paragens de linha.

Keywords

Logistic; Supply Chain; Warehouse Planning; *Kanban*; Value Stream Map; Fluxos; Layout

Abstract

Description of the project conception stages of the new Aspöck Portugal warehouse, a Portuguese automotive supplier, as well as, the material and information flow definition in the logistic process. Analysis of the financial, operational, technological, structural and orographic constrains as well as the solutions found to diminish them.

Characterization of the company logistic concept by focusing the Value Stream Map methodology, for a better understanding and diagnosis of the organization, highlighting not only the problems but also the organization competitive advantages. Definition of the new warehouse layout, taking in consideration the new operative methodologies, namely the *kanban* line supply and stock reduction tools based on the Pull system.

Comparison of some company key performance indicators in the stages before and after the implementation of the new building and methodologies. Analysis to the improvement in the output and productivity, but also at stock reduction and line stoppages.

Conteúdo

I	Enquadramento do Tema	1
1	Introdução	3
1.1	Enquadramento	3
1.2	Funções desempenhadas	4
1.3	Principais Objectivos	6
1.4	Guia de Leitura	6
2	Estado da Arte	9
2.1	A Indústria Automóvel	9
2.1.1	Caracterização Global do Sector	9
2.1.2	O Sector Automóvel em Portugal	14
2.1.3	O Sector dos Moldes em Portugal	17
2.1.4	<i>Automotive Lighting</i>	17
2.1.5	Tendências do Sector	18
2.2	Logística e Gestão de Cadeia de Abastecimento	20
2.2.1	Cadeia de Abastecimento	20
2.2.2	<i>Layout</i> de Armazém	22
2.2.3	Fluxo Logístico Interno	24
2.2.4	Equipamentos de Movimentação de Carga	25
2.3	Metodologias e Ferramentas	26
2.3.1	<i>Lean Manufacturing</i>	26
2.3.2	<i>Just-In-Time</i>	27
2.3.3	<i>Value Stream Mapping</i>	27
2.3.4	<i>Kanban</i>	28
2.3.5	Nivelamento de Produção	29
3	Caracterização da Aspöck Portugal e Objectivos do Projeto	31
3.1	Caracterização da Empresa	31
3.2	Departamento Logístico	32
3.3	Estruturas Físicas e Equipamentos	33
3.3.1	Indicadores de Performance Logísticos	33
3.3.2	Principais Projetos	35
3.4	Objectivos da Empresa	36
3.4.1	Redução dos Custos Logísticos	36
3.4.2	Melhoria no Cumprimento de Prazos Encomendas de Clientes	37
3.4.3	Controlo Efetivo de Stocks	39
3.4.4	Redução dos Tempos de Paragem de Linha	40

3.5	Recolha e Tratamento de Dados Relevantes para o Projecto	40
3.5.1	Tipos de Artigos Comprados e Produzidos	40
3.5.2	Quantidade e Volume do Material	42
3.5.3	Rotatividade de <i>Stocks</i>	44
3.5.4	Descrição do Fluxo Logístico	44
3.5.5	Equipamentos de movimentação de carga	45
3.5.6	Geração e Fluxo de Informação	49
II	Projeto	51
4	Implementação de Melhorias nos Processos Logísticos	53
4.1	Concepção Armazém	53
4.1.1	Definição Áreas Logísticas	56
4.1.2	Disposição e Capacidade das Estantes	58
4.1.3	Armazenamento Dinâmico	67
4.1.4	Alocação de áreas de armazenagem	70
4.1.5	Espaços de Armazenagem Específicos - Produtos Diferenciados	70
4.1.6	Equipamentos de Movimentação de Carga	71
4.1.7	Comboio Logístico - <i>Mizusumashi</i>	72
4.1.8	Monta-cargas	75
4.2	Abastecimento do sector da Produção	75
4.2.1	Kanban	75
4.2.2	Supermercados	79
4.2.3	Rotas Mizu Produção	81
4.2.4	Alteração de Bordo de Linha	84
III	Resultados e Discussão	85
5	Estado Atual da Organização	87
5.1	Fluxo Logístico	87
5.1.1	Estudo Atualizado	87
5.1.2	Comparação de Resultados	89
5.2	Evolução dos Indicadores de Performance Logística	91
5.2.1	Taxa de cumprimento de Encomendas	91
5.2.2	Evolução das Paragens de Linha	92
5.2.3	Evolução Faturação <i>vs</i> Recursos Humanos Logísticos e <i>Stocks</i>	92
6	Considerações Finais	95
6.1	Melhorias em Curso	95
6.2	Propostas para o Futuro	95

Lista de Tabelas

2.1	Evolução de indicadores do sector automóvel, em Portugal, entre 2010 e 2015 [15]	16
3.1	Indicadores seguidos no Departamento Logístico da Aspöck Portugal . . .	35
3.2	Cumprimento dos prazos de encomendas antes do início do projeto (Março 2014)	38
3.3	Quantidade de artigos por tipologia genérica	44
3.4	Estimativa da ocupação de caixas e correspondente volume em Março 2014	44
3.5	Rotatividade de Artigos (ABC) por tipologia	45
3.6	Fluxograma de Processo - pág. 1	46
3.7	Fluxograma de Processo - pág. 2	47
4.1	Resumo das áreas implantadas no armazém	58
4.2	Quantidade de paletes em função do tipo de empilhador utilizado	61
4.3	Capacidade total da área de estantes	68
4.4	Equipamentos de movimentação de carga	71
4.5	Dados utilizados para a definição de sistema Pull com fornecedores	77
4.6	Definição de alocação de material injetado a SPM na Montagem	82
4.7	Descrição paragens Mizu - Piso 0	82
4.8	Cálculo necessidades Mizu	83
5.1	Fluxograma de Processo Atualizado- pág. 1	88
5.2	Fluxograma de Processo Atualizado- pág. 2	89
5.3	Cumprimento dos prazos de encomendas - Março 2014 <i>vs</i> Outubro 2016 .	91
5.4	Evolução dos indicadores económicos	93

Lista de Figuras

1.1	Organograma do Departamento Logístico da Aspöck Portugal	4
2.1	Comparação da evolução do mercado global e europeu de vendas de veículos automóveis	12
2.2	Evolução da variação anual das receitas e dos lucros dos fornecedores europeus do sector automóvel [9]	13
2.3	Exemplo de posicionamento de supermercado e de rotas de abastecimento de linha [48]	25
3.1	Organograma da Aspöck Portugal, no início do projeto	32
3.2	Evolução das encomendas em carteira no ano 2015	38
3.3	Excerto da lista de codificações de artigos	41
3.4	Tipos de embalagens utilizados internamente	43
3.5	VSM processo fabrico EPII	48
4.1	Planta da instalação fabril, com cortes de perfil	54
4.2	Planta do armazém, prévia à implantação das áreas e equipamentos logísticos	55
4.3	Esquema das áreas de receção (a) e expedição(b), demonstrando a disposição de paletes aplicada	58
4.4	Vista de perfil do armazém	59
4.5	Planta do armazém com a incorporação de áreas funcionais e expansão de área de estantes	64
4.6	Planta Armazém com implantação de áreas de <i>picking</i> e armazenagem	64
4.7	Configurações de estantes utilizadas	67
4.8	Placa magnética para identificação das posições de palete	67
4.9	Vista de frente das duas configurações de racks dinâmicos aplicadas no armazém	68
4.10	Esteira de rolos dinâmicos para paletes	69
4.11	Marcação de percursos dos Mizus e dos Empilhadores Retráteis	73
4.12	Carruagens utilizadas nos <i>Mizus</i>	74
4.13	Exemplo de kanban utilizado para fluxo de material	77
4.14	Gráfico demonstrativo da evolução do <i>stock</i> no sistema de reposição de material por fornecedores	78
4.15	Evolução do layout das linhas de montagem do Europoint II	80
4.16	Fluxo de material e informação numa linha de montagem	81
5.1	Evolução da quantidade de operações registadas no Diagrama de Fluxos	90
5.2	Redução da distância registada no Diagrama de Fluxos	90

5.3	Redução do tempo de operação registado no Diagrama de Fluxos	91
5.4	Evolução das paragens de linha da logística interna ao longo de 2015	92

Parte I

Enquadramento do Tema

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

Este relatório versa sobre o período de estágio que o autor efetuou no Departamento de Logística da Aspöck Portugal, uma multinacional austríaca que produz componentes de iluminação para o setor automóvel, entre Fevereiro de 2014 e Fevereiro de 2015.

A empresa que iniciou a sua atividade como fornecedor de componentes para veículos pesados, estava a alterar o seu *core business*, através do desenvolvimento de projetos com as grandes marcas do setor automóvel, como a Volkswagen (VW), a Peugeot Citroën (PSA) ou a Daimler. A abordagem a um novo mercado, onde os requisitos de qualidade e de performance são substancialmente mais exigentes, implicou a necessidade da empresa ampliar e renovar infraestruturas físicas, de forma a comportar a maior exigência técnica dos novos projetos e a maior cadência produtiva requerida pelos clientes. Esta alteração resultou na construção de dois novos edifícios com cerca de 10 000 m², que permitiu a segregação do armazém e das duas principais áreas produtivas da empresa, a injeção e a montagem. No caso da última, a alteração estrutural permitiu também expandir a área ESD, que possibilita a assemblagem de componentes eletrónicos com maior incorporação de valor.

É neste sentido que surge este trabalho de estágio, apresentando-se toda a metodologia conducente à definição do novo conceito logístico da empresa. O conceito foi definido tendo como objetivo a adoção das melhores práticas do sector, através da preparação das novas instalações, na definição de *layout* do armazém e na aquisição de equipamentos de movimentação de carga adequados. Em relação às tarefas dos operadores procurou-se a definição de indicadores e métricas de gestão claras, ferramentas de comunicação visual e a incorporação de ferramentas tecnológicas.

O departamento de Logística da Aspöck Portugal estava em reestruturação profunda na fase inicial do projeto e a conclusão das obras estava prevista para o final do ano de 2014, pelo que existia uma tarefa com uma dimensão substancial com um prazo extremamente reduzido para ser executada. Para além da compreensão acerca da operação da empresa, que tinha que ocorrer em primeira instância, era necessário consolidar equipas, delinear as metodologias de trabalho que se pretendia implementar, definir os equipamentos para esse fim e assegurar que durante esse período, toda a normal operação decorria sem incidentes relevantes.

Com esse propósito, o documento efetua a contextualização do sector automóvel, do sector logístico e das práticas de eficiência industrial. Para além disso são abordados os conceitos de *Lean Manufacturing*, a definição e seguimento de indicadores produtivos e de performance e os requisitos estabelecidos pelos clientes do sector. São abordadas também as especificidades da organização e como estas implicam algumas alterações à configuração dos conceitos que estão definidos na literatura.

1.2 Funções desempenhadas

A estrutura do departamento de Logística da Aspöck Portugal foi definida de forma a assegurar o controlo de todo o fluxo de material, do cliente ao fornecedor, conforme é possível observar na figura 1.1, ao incluir as seguintes áreas:

- Suporte ao Cliente
- Planeamento
- Aprovisionamentos
- Logística Interna
- Logística de Expedição

O processo logístico de uma organização não pode ser plasmado seguindo apenas os referenciais técnicos ou seguindo aquilo que existe noutras organizações. Cada organização tem as suas especificidades, desde a gama de produtos com que opera, passando pelos constrangimentos físicos resultantes do tipo de edifício em que está inserida, até à forma como o software utilizado na organização representa um constrangimento à aplicação daquele que à partida é o processo logístico mais eficiente.



Figura 1.1: Organograma do Departamento Logístico da Aspöck Portugal

Na fase inicial do projeto, o autor tinha como propósito conhecer e documentar a forma como se organizava o sector produtivo da empresa. Com esse propósito e de forma a adquirir um conhecimento transversal de todas as atividades necessárias para o fabrico dos produtos da empresa, efetuou-se um *Value Stream Mapping* (VSM). O VSM incidiu sobre dois produtos que integravam as duas famílias com mais elevada rotação na fábrica, cujo processo produtivo requeria injeção e montagem de componentes e que, para além disso, possuíam volumes distintos, o que para efeitos de *handling* causava um impacto

significativo. Para efeitos de simplificação do documento, é apenas abordado o VSM efetuado sobre um produto. Desse VSM resultou um conhecimento abrangente daquilo que eram as dificuldades, as limitações, os desafios e as ferramentas que o departamento e a organização possuíam. Este conhecimento permitiu a aplicação de uma metodologia associado à Lean Production, a criação e seguimento de um ciclo *Plan - Do - Check - Adjust* (PDCA) para o desenvolvimento de melhorias no processo da empresa que foi pilotado pelo autor, reportando diretamente ao Diretor Logístico. Deste ciclo PDCA, surgiram vários projetos-piloto em que se pretendiam implementar medidas de melhoria sem afetar o normal funcionamento da empresa. Estes projetos requeriam a participação dos vários *stakeholders* envolvidos no processo produtivo.

Existia também a necessidade de se efetuar uma avaliação concreta sobre a efetividade das medidas implementadas e de garantir o controlo das operações logísticas. Com este propósito, o autor e a equipa logística, identificaram vários *Key Performance Indicators* (KPI) logísticos, definindo critérios de medição dos mesmos e estabelecendo objetivos de médio-prazo para a sua evolução. Isto deve-se ao facto de muitas das medidas implementadas serem transversais às várias equipas dentro do departamento e de existirem requisitos por parte da organização em relação ao desempenho do departamento.

Nesta fase, estavam reunidas as condições para se proceder à definição do futuro conceito logístico da organização, tarefa que evidentemente contou com a participação de elementos do departamento logístico, mas também de elementos da Aspöck Systems, a fábrica mãe do grupo, que pretendia uniformizar estruturas e aplicar, dentro do possível, meios logísticos semelhantes nas várias unidades do grupo, e de consultores externos. Foi necessário corrigir e adaptar o projeto de arquitetura existente, em conjunto com a equipa de arquitetos e projetistas, bem como com a empresa responsável pela construção do edifício, de forma a avaliar-se a viabilidade e custo das alterações sugeridas.

Foram efetuadas várias consultas de mercado junto de fornecedores europeus, no sentido de efetuar a definição dos equipamentos que melhor se adequavam à definição de necessidades existentes. Em simultâneo, efetuaram-se operações de *benchmark* em fábricas e feiras do sector, procurando conhecer as soluções existentes no mercado para contextos semelhantes.

O autor foi responsável pela definição, em termos técnicos, de quais e de quantos os equipamentos de movimentação de carga, os monta-cargas e as estantes que foram adquiridos pela empresa, bem como pela definição das condições de manutenção preventiva e necessidade de peças de substituição, para assegurar o bom funcionamento destes equipamentos.

Para além disso e porque a transição de instalações decorreu sem interrupção da atividade produtiva, foi necessário planear a transição de instalações, tendo especial atenção ao facto do desmembramento do principal espaço de armazenagem das instalações antigas ocorrer cerca de três meses antes da data prevista para a instalação do novo armazém. Foi necessário encontrar espaços físicos alternativos para armazenar esse material, efetuar a transferência e realocação de mais de 2 000 paletes de materiais e adaptar temporariamente os fluxos de material e informação. Neste tópico, o autor mais do que

acompanhar a situação no terreno, deu apoio no planeamento macro, ou seja, na definição das áreas onde ficaria alocado o material e nos recursos envolvidos na transferência.

Por último, a implementação da nova metodologia de operação logística. A necessidade de adaptar os procedimentos e as pessoas ao novo conceito logístico. Neste tópico, a nova metodologia de abastecimento à linha alavancou as restantes mudanças, seja ao nível do sistema informático em que, pela necessidade de rastreabilidade e controlo de *stocks*, foram feitas muitas alterações, seja ao nível da implementação de um sistema *Pull* de controlo de inventários, com todas as ramificações que isso tem para os vários departamentos da empresa.

1.3 Principais Objectivos

A Aspöck Portugal, fruto do seu acentuado crescimento ao longo do período 2010-2015, sentiu necessidade de expandir as suas instalações. O acentuado e súbito crescimento extrapolou a existência de algumas ineficiências, que a escassez de espaço acentuava e impedia os ganhos de escala inerentes à dimensão que a empresa adquiriu. A necessidade de expansão deveu-se também ao facto do crescimento estar a ser alavancado por um aumento de subcontratação, por manifesta impossibilidade de alocar mais máquinas e linhas de montagem no espaço existente, tendo mesmo enviado para produção externa alguns produtos do *core* produtivo da empresa, transferindo para outras empresas conhecimento que deveria manter-se interno. Por fim, a aposta estratégica na entrada no mercado automóvel, com maiores cadências de produção e produtos com maior valor acrescentado, mas também maior competitividade e grandes penalizações por incumprimento com as encomendas de clientes.

Quanto aos principais objetivos do projeto, passam por assegurar a execução do novo armazém e pela alteração do método de abastecimento das linhas. Para a concretização substanciada de um projeto desta envergadura era necessário o cumprimento de duas premissas, o conhecimento da organização e dos seus processos e um conhecimento das boas práticas do setor automóvel, em especial do funcionamento das cadeias de abastecimento das organizações do setor.

Os restantes objetivos do projeto, estavam muito integrados no plano definido para o departamento logístico. Garantir a redução dos custos logísticos, especialmente através da eliminação de desperdícios no processo logístico, uma melhoria do desempenho no cumprimento de encomendas dos clientes e a redução das paragens de linhas de produção com responsabilidade da logística.

1.4 Guia de Leitura

O presente documento é constituído por seis capítulos. No primeiro capítulo, que se encontra dividido em três secções, é explicitada a necessidade que despoletou este trabalho, qual o propósito do mesmo, o contexto em que se realizou, a abrangência do projeto e os elementos envolvidos no mesmo. Também é caracterizado o departamento onde o autor se encontra inserido, a definição das suas funções e a abrangência das mesmas. O capítulo termina com uma síntese do documento e uma

análise à forma como o mesmo se encontra estruturado para simplificar a sua leitura. O segundo capítulo deste relatório, que está dividido em três secções, inicia-se com a caracterização do sector automóvel através da apresentação de alguns dados e factos que nos ajudam a perceber a dimensão e importância do sector a nível mundial. Essa secção aborda também algumas particularidades desta indústria e como a mesma tem evoluído no que concerne a metodologias e processos. É abordada ainda a forma como o sector se tem vindo a estruturar e a importância que os fornecedores têm adquirido ao longo do tempo. Posteriormente é efetuada uma análise semelhante focando-se no nosso país, focando-se nas fábricas de automóveis do país e nos benefícios que trazem. Também são mencionados quais os aspetos nos quais as indústrias portuguesas se devem focar, no sentido de conseguirem continuar a prosperar, aproveitando as particularidades do país. O capítulo três começa com a caracterização da Aspöck Portugal através de características gerais da empresa. Progressivamente transita para a organização e caracterização do departamento logístico da empresa. É efetuada uma descrição dos equipamentos e estruturas da empresa, de especial relevância porque grande parte do trabalho desenvolvido viria a incidir sobre eles. Posteriormente são enumerados os objetivos da empresa e do departamento e tenta-se enquadrar o trabalho desenvolvido na procura da melhoria desses mesmos objetivos. Por fim são elencados os dados recolhidos na primeira fase do projeto e que complementam de forma mais substancial a informação genérica que vinha a ser referida sobre a empresa.

O quarto capítulo aborda as etapas mais relevantes do projeto desenvolvido. Começa por descrever os estudos, análises e estimativas efetuadas para o desenvolvimento do novo armazém. Seguem-se questões mais práticas como a escolha e a implantação de equipamentos. É especialmente relevante a forma como estes se conjugam entre si e se tentam adequar ao cumprimento dos objetivos traçados nos capítulos anteriores. Na segunda secção do capítulo, abordam-se mais questões diretamente relacionadas com as outras áreas produtivas da empresa e de que forma foi possível, através deste projeto, influenciá-las positivamente.

Já no quinto capítulo, integrado na discussão de resultados, procura-se efetuar o seguimento aos indicadores que se pretendiam melhorar com o projeto. É analisado o impacto das várias medidas e mencionadas outras alterações na empresa que contribuíram para esses resultados.

Por fim, o sexto capítulo enumera alguns pontos que o autor considera de maior relevância para que o trabalho desenvolvido continue a fruir e se consolide como um ponto fulcral da evolução da empresa.

Capítulo 2

Estado da Arte

2.1 A Indústria Automóvel

Nesta secção pretende-se efetuar uma caracterização genérica da indústria automóvel, abordando vários indicadores, de forma a avaliar-se sucintamente a sua relevância para a União Europeia e em particular para Portugal, país onde decorreu o estudo em questão. São ainda abordadas algumas especificidades relevantes do sector, que influenciaram o trabalho descrito neste documento.

2.1.1 Caracterização Global do Sector

O sector automóvel é o maior sector industrial do mundo [1], tendo gerado receitas de 1 203 mil milhões de euros no ano de 2015, apenas na União Europeia (UE). Este valor, cerca de 500% superior ao Produto Interno Bruto de Portugal, permite uma melhor perceção da dimensão do sector. Ainda em 2015 na UE, estavam empregadas 12,2 milhões de pessoas no sector, sendo que dessas 2,3 milhões eram funcionárias de Original Equipment Manufacturers (OEM) automóveis.

Com mais de 20 empresas em todo o mundo a registarem no último ano uma faturação superior a 25 mil milhões de euros, o sector automóvel caracteriza-se por ser altamente concorrencial e a referência, em termos industriais, da implementação de medidas para melhorar a eficiência dos seus processos produtivos, visando a redução de custos em toda a cadeia de valor. Para isso contribui em muito o investimento em Investigação e Desenvolvimento (I&D) que totalizou em 2015, apenas para as empresas alemãs do sector, 20,6 mil milhões de euros, com um rácio investimento/faturação muito superior à media dos sectores da indústria.

A redução de custos representa uma das principais metas do sector, mas também um desafio significativo, atendendo que a procura do mercado é cada vez mais específica e diversificada, o que vai contra aquilo que durante muitos anos se pensou que fosse a nível produtivo, mais favorável à otimização de processo e que passaria pela uniformização de processos e produtos, produzindo poucos modelos em muito larga escala.

Uma das metodologias utilizadas para reduzir custos de armazenagem é a aplicação de um dos conceitos de Lean Production que é o Just in Time (JIT), este conceito determina um sincronismo entre montagem de um artigo e a produção dos componentes que o constituem, com todo o fluxo logístico desenhado de forma a garantir esse sincronismo[2]. Por

outro lado, este tipo de metodologia aumenta a vulnerabilidade de produção, atendendo a que elimina ou reduz, de forma muito significativa, os *stocks* de segurança ao longo da cadeia produtiva.[3]

Cada vez mais é necessário que toda a cadeia de abastecimento de produto e de produção seja flexível e versátil [4], para comportar a produção das várias versões exigidas pelo mercado, que permitem aos fabricantes automóveis adequar a sua oferta às exigências dos vários clientes e com isso aumentar o valor acrescentado do seu produto, sem que se repercutam em perdas produtivas[5]. Isto afeta muito significativamente os fornecedores do sector automóvel que são cada vez mais requisitados e que necessitam de adaptar as suas práticas, para darem resposta às exigências estabelecidas pelos OEM.

Um indicador da relevância dos fornecedores para o sector, é a taxa de profundidade de produção, que representa a incorporação de componentes próprios do OEM num produto. No sector automóvel, esta taxa tem descido ao longo do tempo e situava-se em 2014, entre os 25% - 35% [6] *apud* [7]. Significa isto que as construtoras optam por incorporar cada vez mais produtos de fornecedores nos seus veículos. Este facto repercute-se em maior exigência em toda a relação cliente fornecedor. Desde logo na fase de orçamentação, os fornecedores têm que aplicar o seu *know how* para efetuarem uma proposta aliciante, onde demonstrem capacidade técnica e produtiva e apresentem garantias de cumprimento dos critérios de qualidade e cadências de produção definidas pelo cliente, oferecendo um preço competitivo.

Atendendo à importância crescente que os fornecedores possuem para o processo de produção de um veículo, as fabricantes automóveis têm que acompanhar muito exaustivamente as suas performances e efetuar todos os esforços por minimizar problemas que afetem a produção.

Deste modo é fundamental acautelar a forma como toda a cadeia de valor vai reagir a falhas de fornecimento de componentes por parte de fornecedores. Existem vários motivos pelos quais sucedem estas falhas nomeadamente problemas de qualidade, avarias em ferramentas de produção, erros de projeto, problemas de transporte e erros de planeamento.

A gravidade dessas falhas depende da antecipação com que são previstas. Quando ocorrem antes de se iniciar a produção do veículo para o qual estava destinado o material que está em falta, criam constrangimentos ao nível do planeamento da unidade de produção, que na maior parte dos casos são geríveis, apesar de resultarem em maior entropia ao nível do fluxo logístico do material.

Quando a falha de material ocorre sem que haja forma de alterar o planeamento do fabricante automóvel, é usual recorrerem-se a métodos de entregas rápidas, como o helicóptero ou avião, ao contrário do camião e do barco que são usados mais frequentemente. Uma alternativa, quando se verifica que é inviável a entrega do material a tempo, é a não inclusão desse componente ou grupo de componentes na linha de montagem. Neste caso, a montagem é efetuada à *posteriori* por operadores qualificados.

Em casos extremos, se peças indispensáveis estiverem em falta, ocorre a paragem de toda a linha de produção, com centenas de operadores parados.

Os custos destas ocorrências são muito elevados e, frequentemente, excedem a margem do fabricante naquele veículo em particular. Por esse motivo, uma das principais responsabilidades dos departamentos de logística dos fornecedores da indústria automóvel

é reduzir ao máximo a probabilidade de um incidente deste género suceder.[7]

De forma a conseguir lidar de modo mais apropriado com estas situações, é frequente a organização dos fornecedores da indústria automóvel caracterizar-se por uma estrutura hierarquizada em relação ao fabricante automóvel, seu cliente. Fornecedores que possuem relação direta com os fabricantes designam-se *first tier suppliers*, sendo que os fornecedores desses fornecedores designam-se *second tier suppliers* e assim sucessivamente. A proximidade na relação hierárquica possui correlação direta com os requisitos impostos pelos fabricantes automóveis e é patente nos acordos comerciais, sendo os requisitos para a generalidade dos *first tier suppliers* mais exigentes que para os restantes e também é frequente esses fornecedores de primeiro nível serem responsáveis por assegurarem o cumprimento dos requisitos de qualidade por parte dos seus fornecedores.

Na fase de projecto, há a contratualização do intervalo de capacidade de produção diária que o OEM prevê produzir e para o qual o fornecedor tem que garantir capacidade produtiva. Esta definição proporciona ao fornecedor uma perspectiva acerca da procura prevista para os seus produtos ao longo do seu ciclo de vida[8] e permite-lhe estruturar a produção deste componente, bem como os investimentos que pretende efetuar para essa produção. Durante o ciclo produtivo, os fabricantes automóveis partilham o seu *forecast*, dentro dos intervalos contratualizados, com os seus *first tier suppliers*. Esta previsão é importante pois permite a toda a cadeia de abastecimento antecipar as tendências de mercado e efetuar pequenas correções à sua estrutura produtiva de forma a comportar essas modificações. Contudo, devido às novas metodologias de produção e às já mencionadas condições que o mercado impõe, o período de tempo no qual o OEM coloca as suas encomendas firmes aos fornecedores é cada vez menor.

Na atualidade, na relação entre os OEM e os seus fornecedores regionais, praticam-se intervalos máximos de 10 a 14 dias para a colocação de encomendas efetivas, mas sucedem casos, quando o fornecedor está estabelecido no mesmo parque empresarial que o fabricante, em que estes intervalos podem ser reduzidos a períodos de 6 a 8 horas. Isto implica que a produção esteja sincronizada entre o fornecedor e o fabricante, existindo por exemplo um *kanban* eletrónico entre ambos para garantir essa sincronia. Dessa forma é possível a redução dos stocks intermédios, a consequente redução dos custos de armazenagem e de manuseamento praticado que lhe estão associados. Mas também é necessário que o tamanho de lote seja bastante reduzido, sendo que nalguns casos atinge a unidade. Esta metodologia é particularmente relevante em materiais de grande volume ou de armazenamento complexo, como é o caso dos vidros dos automóveis.

Como se pode observar pelo gráfico da figura 2.1, o crescimento do mercado global de vendas de automóveis contrasta com a evolução negativa que tem vindo a ocorrer na Europa, onde os registos de vendas ainda não se aproximaram dos valores que se registavam no período pré-crise económica de 2008[9]. O crescimento dos mercados emergentes é já uma evidência e, neste momento, a China já é o maior consumidor mundial de automóveis. Sendo os custos logísticos e de transporte de um automóvel muito elevados, existe uma tendência clara para a implementação de fábricas junto aos mercados onde se regista o consumo desses produtos.

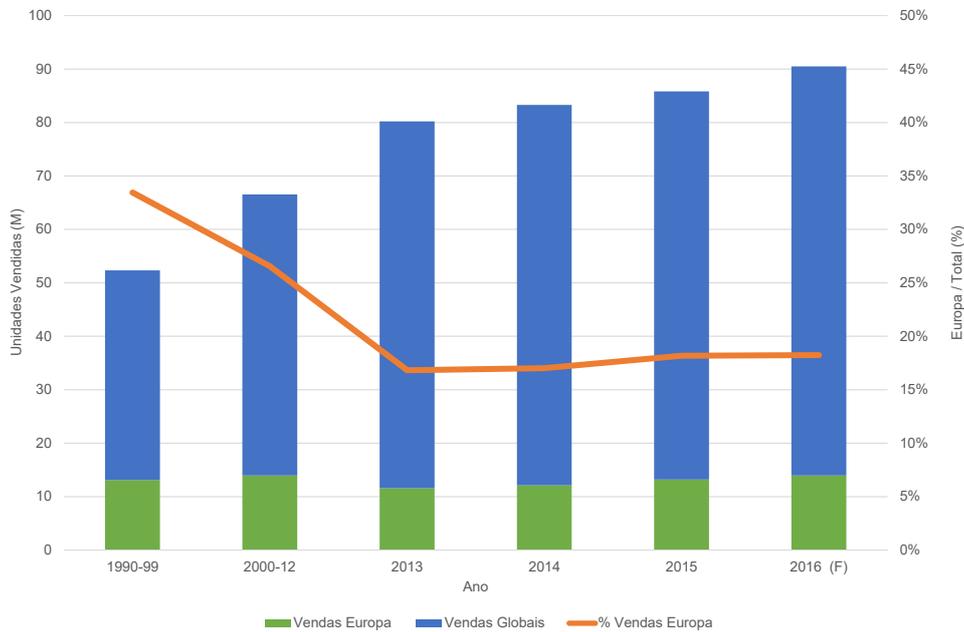


Figura 2.1: Comparação da evolução do mercado global e europeu de vendas de veículos automóveis

Esta regressão/estagnação do mercado europeu representa um desafio acrescido para as fabricantes europeias, que se traduz em desafios adicionais também para as economias desses países atendendo ao peso que este sector possui. As fabricantes europeias têm na Europa o seu mercado natural e preferencial e, fruto de políticas protecionistas na maioria dos restantes mercados, existem dificuldades significativas para implementarem nesses mercados infraestruturas próprias. Nalguns casos, motivados pela possibilidade de acederem ao *know how* do sector, os governos de países Asiáticos, Sul Americanos e do Leste da Europa, criam cláusulas em que permitem às construtoras criarem infraestruturas com a condição de estabelecerem parcerias com empresas locais. Atendendo a estas limitações, o mercado europeu encontrava-se em 2015 com um excesso de capacidade produtiva de 6 milhões de unidades. Esta capacidade instalada tem custos e as marcas na tentativa de conseguirem maiores quotas de mercado e escoarem o excesso de produção, acabam por reduzir muito significativamente o preço e as suas margens de venda do produto. Nalguns casos, esta situação acaba por levar à canibalização do mercado e provoca, como sucedeu com a Saab que entrou em insolvência em 2009 e faliu em 2011, a falência de algumas empresas. Este mercado altamente concorrencial e a redução significativa dos preços ao consumidor, pressionam ainda mais os OEM ao desenvolvimento de várias metodologias de redução de custos, conforme já abordado anteriormente.

No caso dos fornecedores europeus de componentes para o sector, existem três factores que contribuem para minorar ou mesmo inverter este problema.

A maior parte dos componentes que produzem é mais fácil de transportar que o produto final deste sector, o automóvel, e dessa forma podem manter as suas unidades de produção na Europa e exportar os componentes para o resto do mundo.

Existe maior abertura por parte dos governos dos estados não europeus para a instalação de unidades industriais destes fabricantes, existindo três fatores de maior relevância neste sentido, a saber, a criação de empregos gerada pelas indústrias do sector automóvel, os menores constrangimentos em termos de regulação ambiental e a perspetiva das atividades desenvolvidas permitirem ao país, ao acrescentarem valor aos produtos produzidos, obter um excedente comercial.

Por último e conforme foi mencionado anteriormente, existe uma maior dependência por parte dos fabricantes automóveis, dos fornecedores, o que lhes permite uma maior margem negocial e que tem representado, ao longo dos tempos, uma expansão não apenas do seu mercado, mas também da gama de produtos ao seu encargo.[9]

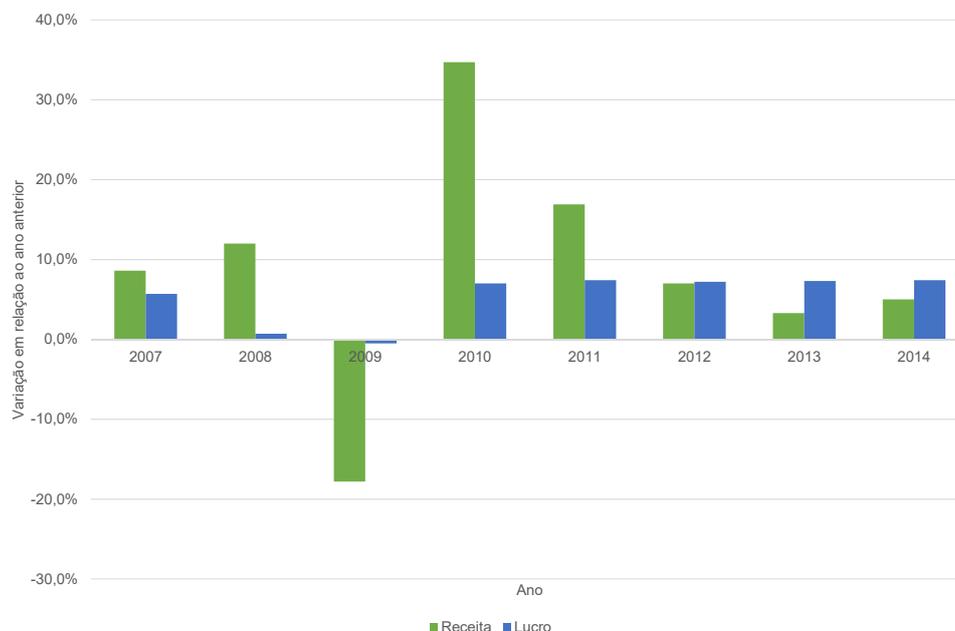


Figura 2.2: Evolução da variação anual das receitas e dos lucros dos fornecedores europeus do sector automóvel [9]

Como é possível verificar no gráfico da figura 2.2, durante o período de 8 anos em análise, apenas num ano, 2009, se registou um decréscimo, por sinal muito baixo (-0.5%), nos lucros dos fornecedores do sector automóvel na Europa. Este recuo coincidiu com um decréscimo muito mais significativo das receitas (-17.8%). Desde 2012 até 2014, o último ano com dados disponíveis, pode verificar-se que o aumento dos lucros foi sempre superior ao aumento das receitas, o que permite aferir um aumento das margens de lucro do sector. Em paralelo, verificamos que nos 5 anos entre 2010-2014, o aumento do lucro

destes fornecedores foi sempre na casa dos 7% o que é representa uma estabilização do mesmo, um pouco em contra-ciclo com os fabricantes do sector automóvel. Os principais requisitos deste mercado prendem-se com:

Cadências de Produção - Na definição de novos projetos, os fornecedores têm que demonstrar aos OEM automóveis que possuem capacidade para produzir as quantidade pretendidas para o novo projeto.

Critérios de Qualidade - A garantia de que a incidência dos problemas de qualidade é muito baixa, de forma a não afetar a produtividade das fábricas dos OEM, com paragens relacionadas com a rejeição de componentes e garantir a segurança do veículo aquando da sua operação.

Cumprimento de Entregas - O cumprimento com a calendarização e periodicidade das entregas assume grande relevância, porque toda a produção das fábricas dos OEM está definida em intervalos muito restritos.

Rastreabilidade do Material - Essencial em componentes que afetem a segurança dos veículos, é muito importante pois permite a identificação e segregação de lotes de material com defeitos, restringindo a extensão da intervenção necessária sempre que se deteta um problema no pós-produção.

Documentação - Relacionada com a garantia de rastreabilidade, a correta etiquetagem e rotulagem do material é muito importante, em especial na UE, em que para além das normas do cliente é necessário obedecer a normas comunitárias. Esta necessidade representa um desafio, essencialmente em termos logísticos, porque é relevante que se assegure o cumprimento de todos os requisitos, sem que isso represente maior complexidade para a operação no chão de fábrica.

Melhoria Contínua - Na adjudicação de novos projetos, é exigência dos OEM que os custos de produção sejam reduzidos ao longo do tempo de vida do projeto. Isto só é possível através de uma análise crítica aos processos, identificando fragilidades e oportunidades de melhoria. Daí a importância crescente que a adoção deste tipo de medidas representa para as empresas do sector.

2.1.2 O Sector Automóvel em Portugal

A presença, em Portugal de OEM automóveis, como são os casos do grupo Volkswagen, através da fábrica Autoeuropa, do grupo PSA através da fábrica de Mangualde e do grupo Daimler através da fábrica do Tramagal, é de grande importância para o país. Cada uma destas fábricas, atrai para o país investimento direto estrangeiro e estimula a criação de emprego e o desenvolvimento da capacidade produtiva do país. Estes por sua vez têm como consequência o aumento dos proveitos fiscais e o impacto positivo na balança comercial, que é maior pelo valor acrescentado trazido por este sector produtivo em particular.

Talvez o efeito mais significativo da presença dos OEM no nosso país seja, contudo, o

impacto que gera em outras empresas nacionais do sector, nomeadamente as empresas de fornecimento de componentes, porque para além de criar um mercado de proximidade para a colocação dos produtos, também permite que essas empresas incorporem as mais avançadas metodologias que se praticam no sector e adaptem as suas estruturas à exigência do sector. Um bom indicador do impacto do conhecimento trazido pelos OEM, é a evolução da quantidade de fornecedores com o mais elevado nível de certificação de qualidade por parte da Ford, designado Q1. Entre 1991, o ano de estabelecimento da Autoeuropa em Portugal, e 1995, o número de fornecedores certificados como Q1, aumentou de apenas 4 para 15. [4]

É frequente os OEM transmitirem aos fornecedores parte do conhecimento acumulado[10] e efetuarem sugestões de melhoria de processos internos do fornecedor. A normalização que o sector aplica também é importante porque essas diretrizes permitem que os fornecedores se adaptem aos padrões do sector automóvel, o que habitualmente resulta em ganhos ao nível da eficiência de produção e de qualidade do fornecedor até para a produção de outros componentes que não sejam dirigidos ao sector automóvel.

Por esse motivo, é evidente que os benefícios do investimento directo estrangeiro estão directamente relacionados com a capacidade de absorção que o país dispõe, o que depende intrinsecamente da disponibilidade, grau de qualificação e potencial do seu capital humano. [11]

Durante as décadas de '80 e '90 do século passado, Portugal caracterizava-se por possuir um custo de mão de obra significativamente inferior à média da União Europeia. Nalguns sectores do fornecimento de componentes para o sector automóvel, onde a mão de obra intensiva é relevante para a produção, este facto revelava-se uma mais valia que trazia ao país vantagens competitivas. No entanto, com o estabelecimento de parcerias comerciais da UE com outras áreas económicas menos desenvolvidas e sobretudo com a adesão de países do Leste europeu à UE, a concorrência por este tipo de mercado cresceu significativamente e, como em outros sectores da economia, teve que ocorrer uma re-estruturação do mercado e das empresas. As empresas portuguesas do sector só podiam tornar-se competitivas obedecendo aos seguintes critérios:

Restrição da gama de produtos As empresas têm que definir cuidadosamente a sua área de especialização e adequar a sua mão de obra, maquinaria e processos aos produtos que constituem o *core business* do seu negócio. Em casos que lhes sejam solicitados produtos fora desse *core*, devem recorrer à subcontratação.

Integração de indústrias complementares O ponto anterior conduz-nos directamente a algo que é ainda escasso na nossa economia, o *networking* e a integração de diferentes indústrias num *cluster*. Em empresas de capital nacional existem bastantes entraves à partilha de experiências, competências e, por vezes, de projetos que se fossem construídos em comum, teriam um valor acrescentado considerável.

Aposta na formação e responsabilização dos operadores Os custos acrescidos que as empresas e o Estado português têm com o não cumprimento ou a não existência de normas de segurança nas organizações é muito elevado, mas a redução dos incidentes de segurança é apenas um exemplo dos ganhos que podem representar operadores com formação. Outro será atentar nos custos de não qualidade e nas consequências que esses

problemas têm para todo o processo produtivo não apenas da empresa, mas também dos clientes e perceber a importância na aposta em operadores qualificados capazes de executarem tarefas de auto-controlo.[12]

Definição dos equipamentos produtivos. Os equipamentos produtivos representam grande parte dos investimentos efetuados no sector, daí ser fundamental uma análise criteriosa pré-aquisição, com análises de rácios como o *payback* e a previsão das taxas de ocupação máquina. No pós-aquisição importa garantir uma alocação correta da máquina às tarefas definidas, minorar os tempos de paragem por problemas técnicos, a correta configuração do equipamento e garantir a sua ocupação.

Métodos avançados de planeamento e controlo de produção Para existir um encadeamento de operações, que permita maximizar a produção de máquinas ou de operadores e minorar os tempos de paragem dos mesmos, tem que ser garantido o adequado sincronismo entre operações. Para que tal suceda é necessário possuir as ferramentas adequadas de planeamento e de controlo de produção, para se monitorizar o cumprimento do que foi planeado.[13]

Tabela 2.1: Evolução de indicadores do sector automóvel, em Portugal, entre 2010 e 2015 [15]

Ano	Número de colaboradores	Volume de Negócios (Milhões de €)	Volume de Exportação (Milhões de €)	Taxa de Exportação
2010	39,300	6.600	5.200	78,8%
2011	40,500	7.500	6.000	80,0%
2012	40,600	7.100	5.700	80,3%
2013	41,000	7.100	5.800	81,7%
2014	42,700	7.500	6.200	82,7%
2015	45,100	8.400	7.000	83,3%

A importância da existência de OEM em Portugal fica comprovada ao registar-se a existência de cerca de 200 empresas, 80,6% das quais são médias ou grandes empresas [14], do sector de Fabricação Automóvel, num país periférico, que está longe dos principais mercados globais do sector. Isto permite a que, como se pode observar na tabela 2.1, exista conhecimento adquirido e capacidade produtiva para se contornar a pequena dimensão e posição periférica do país, sendo que a taxa de exportações encontra-se acima dos 80% e tem registado um crescimento sustentado ao longo dos últimos anos.

Apesar da dimensão ser superior à média nacional, continua a ser inferior à generalidade do sector. Esse é um dos factores que está na origem da opção da localização dos OEM em Portugal. A pequena dimensão dos fornecedores permite aos OEM colocarem-se numa posição negocial mais forte e contrariar dessa forma uma das tendências do sector a nível global, o ganho de força negocial por parte dos fornecedores do sector automóvel [13].

Uma das maiores dificuldades das empresas portuguesas é a inversão dessa posição porque apenas ganhando dimensão e escala, conseguem alocar capital suficiente à vertente de I&D que lhes permita aumentarem a complexidade, incorporação tecnológica e consequentemente o valor e as margens de venda do seu produto. Os fornecedores nacionais

têm por isso que definir estratégias de forma a inverter esse ciclo vicioso e poderem prosperar no mercado global. [4]

Segundo o Banco de Portugal a Fabricação Automóvel representava em 2012 perto de 2,0% do volume de negócios e 0,1% do número de empresas e 1,1% do emprego das Sociedades Não Financeiras (SNF) em Portugal. [16] Quer isto dizer que as empresas do sector têm um volume de negócios cerca de 2000% superior à média das SNF portuguesas, o que permite constatar a dimensão das mesmas.

2.1.3 O Sector dos Moldes em Portugal

O sector dos moldes em Portugal teve a sua génese na indústria do vidro, na década de 20 do séc. XX, coincidindo a sua implantação geográfica com aquela onde no passado proliferavam as fábricas de vidro, em Oliveira de Azeméis e Marinha Grande [17]. As empresas do sector fabricam essencialmente moldes para a injeção de plásticos, fazendo de Portugal o terceiro maior fabricante europeu. O facto da generalidade das peças plásticas de grandes séries ser produzida com recurso à injeção de plástico em moldes, faz com que estes desempenhem um papel de grande relevância para a indústria automóvel e traz vantagens competitivas consideráveis para o nosso país.

Uma empresa que tenha operações de injeção de plásticos, beneficia grandemente em possuir um fornecedor com *know how* na produção de moldes que esteja próximo geograficamente pois, para além de maior envolvimento entre fornecedor e cliente no processo de desenvolvimento, é possível efetuar operações de manutenção mais rápidas e sem causarem tanto impacto em termos produtivos.

Apesar do crescimento e do surgimento de *players* globais do sector, os casos indústrias do sector da injeção de plásticos no nosso país ainda não abundam. Desse modo a indústria de fabrico de moldes possui uma forte vocação exportadora, contribuindo há muitos anos com excedente para o saldo da balança comercial de Portugal [18].

2.1.4 *Automotive Lighting*

Os componentes de *automotive lighting* são fundamentais para a segurança automóvel. Estes permitem ao condutor ter maior visibilidade sobre o meio que o rodeia, sinalizar a presença do seu veículo, indicar alteração de direcção de movimento e travagem. Considerando que existem inúmeras estradas, fora das cidades em que não existe iluminação pública, as luzes automóveis são fundamentais para a utilização deste tipo de veículos. Nos Estados Unidos da América, a probabilidade de um condutor sofrer um acidente mortal é três vezes superior durante a noite. Seguramente que este facto é influenciado por outros factores, mas a questão da visibilidade tem uma importância muito significativa no mesmo [19].

Por se tratarem de componentes importantes para a segurança automóvel a sua produção tem que obedecer a um conjunto de regras muito específico por forma a garantir a integridade do produto e que o mesmo desempenhará sem problemas a sua função ao longo do seu ciclo de vida. Também por esse motivo esta área é alvo de grande investimento no sentido de se explorarem tecnologias que permitam uma melhoria significativa das funções desempenhadas pelos equipamentos de iluminação.

Os primeiros equipamentos de iluminação de veículos foram introduzidos na década de 80 do séc. XIX, o seu combustível era petróleo ou acetileno e assemelhavam-se às lâmpadas

de gás que iluminavam a via pública. Ainda nessa década se desenvolveram alguns equipamentos eléctricos muito rudimentares e com mau desempenho sobretudo quando eram mais necessários, ou seja, sob condições climatéricas adversas. Acabou por ser a Cadillac a introduzir no mercado os primeiros farolins similares aos usados actualmente, em 1912. Posteriormente foi-se registando a introdução e evolução de lâmpadas de halogéneo, xénon, até que atingimos a tecnologia actual que incorpora *Light Emiting Diodes* (LED).[20] Para além das questões funcionais, os componentes de iluminação automóvel desempenham um papel cada vez mais relevante no que diz respeito à estética do veículo. São, por esse motivo, cada vez mais alvo de maior atenção e cuidado do ponto de vista do *design*. Este requisito leva a que a complexidade do processo produtivo tenha aumentado significativamente ao longo dos últimos anos, seja porque se incorporam cada vez mais componentes num artigo de iluminação automóvel, seja porque os componentes são cada vez mais pequenos e complexos.[21]

Como se trata de componentes electrónicos, existem requisitos especiais de produção, nomeadamente a necessidade de garantir que alguns componentes se encontrem num ambiente com anti-estáticas até serem montados no artigo que lhes garanta isolamento. Isto implica uma adaptação do ambiente fabril ao nível do controlo de partículas no ar, do uso de vestuário e calçado de segurança por parte dos operadores que lidam com este material, da definição de um piso condutivo que permita a descarga da electricidade e um armazenamento com requisitos específicos ao nível das estantes e do material de embalagem.[22]

2.1.5 Tendências do Sector

O sector enfrenta desafios significativos ao nível de produção, como produtos com ciclos de vida mais curtos e maior turbulência e variabilidade na procura.[23] Isto decorre não só no sector automóvel, mas em vários outros sectores da economia, fruto de consumidores mais exigentes e mais informados, de um crescimento do mercado e de maior e melhor concorrência. Note-se contudo que não se trata de uma tendência mas de algo associado ao crescimento económico global, à globalização e, acima de tudo, à incorporação da tecnologia que tem ocorrido cada vez nas sociedades modernas. Estes desafios sentem-se de forma mais acentuada no sector automóvel do que na maioria das outras indústrias derivado essencialmente à complexidade do produto.

Atente-se à fase de concepção do produto, em que é extremamente difícil antecipar os desejos do cliente com cerca de três/quatro anos de antecedência, mais os anos que o veículo se encontrar em produção, ou de influenciar esses mesmos desejos criando um produto que se diferencie do mercado e crie uma tendência. O caso do Citroën C4 Cactus é um exemplo desse caso, foi introduzida uma inovação no *design* do produto, que teve uma aceitação muito acima do esperado por parte do mercado. Isto levou a que a PSA não possuísse capacidade para dar resposta a todas as encomendas e tivesse que redefinir toda a cadeia de produção e abastecimento após o lançamento do veículo. Este tempo de reação, fez com que a Citroën desperdiçasse milhões de euros em vendas potenciais. Conjugando, na fase de concepção, os aspectos acima mencionados, com factores que permitam o aumento da eficiência de produção é extremamente complexo e implica a procura por novos materiais, tecnologias de produção e a integração de fornecedores ou potenciais fornecedores na procura desse tipo de soluções.[24]

Prever e antecipar intervalos de cadências de produção, é particularmente importante

atendendo a que todos os investimentos, não apenas do fabricante automóvel, mas de toda cadeia de abastecimento têm por base essa informação. São esses investimentos que afetam de forma muito considerável aquilo que será o custo unitário de componentes e do veículo.

O transporte rodoviário era responsável, em 2013, por aproximadamente 21,5% de todas as emissões de dióxido de carbono no mundo. Quase 1,2 mil milhões de veículos foram usados em todos o mundo nesse ano. Estes factos demonstram o impacto que o sector tem nas emissões de gases com efeito de estufa e conseqüentemente no aquecimento global. Para além deste factor ser cada vez mais relevante para os consumidores nas suas opções de compra, também as legislações nos diversos mercados, sobretudo no europeu, se têm adaptado no sentido de obrigar os fornecedores a produzirem veículos mais eficientes e com menores emissões de gases com efeito de estufa.[25]

Um dos métodos utilizados pelas fabricantes automóveis para garantir o cumprimento das metas ambientais é a redução de peso dos materiais usados nos veículos e do peso total do veículo.[26] Apesar de ainda não existir consenso na comunidade académica do impacto dessa redução, atendendo a que a mesma também está muito dependente do perfil de condutor e do tipo de trajecto efectuado, é consensual que esta medida tem impacto substancial. Existe contudo um efeito perverso nestas medidas e que é frequentemente descurado pelos legisladores e consumidores, que é o aumento das emissões de gases com efeito de estufa ao longo do processo produtivo. Tal sucede porque os novos materiais são de mais difícil extracção ou produção, porque existe maior incorporação de componentes de fornecedores e conseqüentemente maior circulação de material entre unidades fabris e ainda porque se reforçaram estruturalmente os veículos no sentido de garantir maior segurança aos ocupantes, o que acabou por minorar o efeito da redução de peso[27].

Note-se ainda que esta legislação, bem como os apoios públicos à aquisição de viaturas de acordo com as novas normas e a restrição à circulação nos centros das cidades, tratam-se de incentivos à mudança de viaturas por parte dos consumidores. Isto provoca uma redução do ciclo de vida dos veículos e conseqüentemente um menor período de amortização do impacto ambiental provocado pela sua produção. Torna-se neste caso evidente que, para que as ações de redução do impacto ambiental no sector sofram a redução esperada, necessitam de ser mais abrangentes e ter em consideração os fatores pretendidos.

Outra das áreas que é alvo de melhorias substanciais no sector automóvel e que tem correlação significativa com a redução da emissão de gases com efeito de estufa, é o aumento da eficiência dos motores. A procura de inovações tecnológicas neste campo prende-se essencialmente com a dependência do ser humano dos combustíveis fósseis e da incerteza que lhes está associada, nomeadamente a incerteza acerca da dimensão dos recursos que o planeta Terra ainda possui, mas também das dificuldades de acesso a este tipo de bens, cujas zonas de produção coincidem com zonas de grande incerteza geopolítica. A maior eficiência do motor, geralmente é baseada em aplicações de tecnologias que permitem um maior aproveitamento da energia do combustível utilizado, aumentando a eficiência da combustão ou reduzindo as perdas de calor por parte do motor. A injeção directa de combustível, o turbo com *intercooler* e as válvulas com abertura temporizada são três exemplos de tecnologias que os construtores têm apostado para melhorar a eficiência dos seus motores [28]. Com os motores a debitarem mais potência por litro assiste-se também no sector a uma tendência bem delineada de redução do volume dos mesmos. Como estas tecnologias permitem aproximar o processo de combustão da combustão total, há tam-

bém uma redução dos resíduos do processo, o que contribui para a redução de emissões de gases de efeito de estufa do sector e de gases nocivos para a saúde humana resultantes da combustão parcial.

Uma alternativa que os fabricantes automóveis têm seguido em paralelo com a melhoria dos motores, é a utilização de combustíveis alternativos. Actualmente o mercado já dispõe de várias versões de veículos híbridos, que possuem motores de combustão e motores eléctricos, mas as marcas cada vez mais apostam no veículo eléctrico. Existem mesmo marcas automóveis, como a Tesla, que produzem exclusivamente veículos com motores eléctricos. Esta tecnologia enfrenta, na actualidade, algumas limitações no que diz respeito à massificação destes veículos e que se prendem com o facto ainda serem mais caros que veículos equivalentes com motores de combustão e possuírem menor autonomia. Estes veículos podem ser uma solução de mobilidade adequada às necessidades da generalidade da população contudo, no contexto actual, para se serem amortizados no seu ciclo de vida necessitavam de percorrer distâncias diárias consideráveis, geralmente superiores a 100 km, o que se torna difícil devido à sua baixa autonomia por carregamento e aos seus extensos períodos de carregamento.[29] Para além dos veículos eléctricos, existem alguns veículos alimentados a biocombustíveis, mas também existe a expectativa de que seja possível desenvolver células de hidrogénio e motores alimentados a hidrogénio, que permitam aos automóveis circular com um recurso energético muito abundante.[30]

Uma tendência muito clara do sector e que se começa a realizar é o desenvolvimento e construção de veículos autónomos. Este tipo de veículos tem potencial para tornar a condução mais económica e segura. Se se concretizar a integração de veículos numa rede, seja respeitante a uma estrada, uma cidade ou uma determinada área geográfica, é possível reduzir de forma muito significativa os constrangimentos de trânsito e mesmo modificar substancialmente a face das cidades, onde muito do espaço actualmente está alocado a estacionamento de automóveis, como sucedeu no passado, durante a revolução industrial com a introdução dos comboios como meio de locomoção.[31]

O grupo BMW investiu, apenas no mercado europeu, 55 milhões de euros na criação de um portal que permitisse reduzir em 20 dias a média de tempo entre encomenda e produção do veículo desejado pelo cliente. Existe um objectivo declarado no mercado, não apenas da BMW mas de outros fabricantes, de reduzir o período entre encomenda e produção de 40 para 15 dias em média. Isto é cada vez mais uma realidade e até é possível, ao consumidor, efectuar o seguimento da produção do seu veículo.[32] A diversificação da oferta é, sem dúvida, uma tendência sólida do mercado. Através de plataformas modulares, de pequenas alterações de detalhe, de personalizações específicas para o cliente as marcas automóveis conseguem apresentar uma grande diversidade de versões sem comprometer a eficácia produtiva. Por exemplo, a BMW oferece aos seus clientes 10^{32} variantes diferentes de automóveis, algo que não era viável com os métodos de produção tradicionais.

2.2 Logística e Gestão de Cadeia de Abastecimento

2.2.1 Cadeia de Abastecimento

A cadeia de abastecimento (*supply chain*) é uma rede entre a empresa produtora, os fornecedores de componentes dessa empresa e os seus clientes, sendo que a cadeia refere-se

às diversas etapas que é necessário efetuar entre esses intervenientes ou mesmo das etapas na operação de cada interveniente, para garantir o fornecimento do produto ou serviço ao cliente. Com a tendência de especialização que se tem registado na indústria ao longo das últimas décadas e com a generalização da globalização, a complexidade e a vulnerabilidade da *supply chain* tem aumentado substancialmente, seja pelo aumento do número de intervenientes no processo ou pelo aumento da distância física entre eles [33]. Em paralelo, as organizações, especialmente as japonesas que se tornaram precursoras neste campo, foram-se apercebendo da importância deste sector e de como, ao implementarem melhorias nele, possuiriam uma vantagem competitiva assinalável. A rentabilidade de uma empresa pode ser muito influenciada através da gestão apropriada da *supply chain* e dos custos de cada processo que lhe é inerente. Contudo, ainda não existe um consenso acerca do conceito de custo da *supply chain* e muitas empresas ainda não possuem forma de medir, controlar e avaliar esses custos. O rácio *cost-to-sale* é um indicador importante do desempenho da *supply chain* porque permite aferir a eficiência dos custos do sector produtivo de uma organização.[34] Existem situações em que uma organização após monitorizar e avaliar todos os processos internos, verifica que algumas operações não devem ser executadas internamente seja por o mercado disponibilizar as mesmas a um preço inferior ou porque a organização se pretende especializar numa área de negócio e aquela operação está fora dessa área[35]. Nesses casos, as organizações recorrem ao *outsourcing* e adicionam mais complexidade à *supply chain*. É por isso muito relevante incluir o custo adicional de manuseamento de material na determinação do envio da produção para terceiros. A natureza das relações entre os participantes das diversas *supply chain* no sector automóvel tem-se vindo a alterar ao longo dos anos. No ocidente, nas décadas de 70 e 80 do século passado, os clientes e os fornecedores viam-se como adversários, sendo que os clientes dispunham de imensos fornecedores e usavam esse fator para baixar os preços dos componentes que adquiriram, esmagando as margens dos fornecedores. Isto fez com que os níveis de rentabilidade dos fornecedores decrescessem e deixasse de existir margem para investimentos na aquisição de equipamentos, em inovação e no planeamento a longo prazo. Como tal, a competitividade dos fornecedores foi-se perdendo e as medidas que os clientes impuseram tiveram o efeito perverso de prejudicar a sua prestação a longo prazo. Como tal, urgia uma alteração na metodologia dos fabricantes de automóveis em relação à sua produção e à sua postura em relação aos fornecedores. Esta surgiu através da adopção e adaptação de algumas metodologias que tinham sido aplicadas com sucesso no Japão, como por exemplo, a produção JIT (*Just-In-Time*), planos de redução de *stocks*, o TQC (*Total Quality Control*). Em paralelo ocorreu uma alteração muito significativa da postura em relação aos fornecedores, reduzindo a quantidade de fornecedores, obviamente retirando da cadeia aqueles que não tinham capacidade ou valor para operar neste tipo de mercado e estabelecendo relações de médio-longo prazo com eles, existindo entre eles cooperação e partilha de informação e conhecimento, com o objectivo de melhorar a qualidade dos produtos e reduzir os *lead times* de produção.[36] A existência de uma cadeia de abastecimento complexa, com vários membros, comporta alguns riscos relacionados com o fornecimento de material, tais como capacidade de produção limitada por parte de um elemento dessa cadeia, problemas de qualidade que podem afectar toda a cadeia, falta de liquidez de um fornecedor que lhe pode afectar a capacidade de produzir, a própria dependência dos fornecedores que coloca pressão sobre os fabricantes, alterações do formato ou das especificações de componentes sem o acordo do cliente e atrasos nas entregas. Mas também existem factores de risco que podem não afectar o fornecimento

de material, mas condicionam a cadeia de abastecimento, como por exemplo a variação do custo das matérias primas. [37]

2.2.2 *Layout de Armazém*

O armazém é uma infraestrutura muito importante para o desenvolvimento da *supply chain* de uma organização pois é a estrutura física onde se processam, em grande parte, as trocas e movimentações de material entre fornecedores, produtores, distribuidores e clientes. A forma como o armazém é dimensionado e organizado condiciona em muito a forma como se processam essas trocas, mas é, por esse motivo, muito importante que o *layout* do armazém e os sistemas de armazenagem estejam de acordo com aquilo que é a realidade da organização que o utiliza e que as estruturas do armazém sejam ferramentas úteis para a execução das tarefas necessárias à logística da organização. A construção dos armazéns e os seus custos operacionais, representam na Europa aproximadamente 25% dos encargos financeiros das empresas com o seu departamento logístico.[38] *apud*[39].

A importância de um armazém é tão maior quanto maiores forem as ineficiências e os riscos a que está exposta uma organização, sendo que numa situação ideal, as organizações prescindiam dos seus armazéns porque conseguiam aplicar a metodologia Just-In-Time em todo o seu potencial. Contudo, tal é ainda incomum na generalidade das indústrias, até porque os armazéns permitem acomodar factores tais como a sazonalidade no consumo de determinados artigos, a necessidade de se produzirem ou transportarem grandes lotes de material e o agrupamento de artigos de diversas proveniências, para uma consolidação das entregas.[40]

Existem três categorias genéricas de armazéns que são os armazéns de distribuição, em que o armazém é um entreposto entre vários fornecedores e vários clientes, armazéns de produção que estão junto de unidades fabris e que permitem o armazenamento de produtos dessas unidades fabris entre processos produtivos ou antes da expedição para clientes e armazéns e por fim os armazéns contratuais, que são armazéns concebidos por empresas especializadas no sector logístico e que são utilizados para prestar serviços de armazenagem a terceiros.[41]

Os principais processos de um armazém são:

- Receção de material, seja um artigo externo (adquirido) ou resultante de produção interna. Nesta etapa os artigos podem ser avaliados qualitativamente ou quantitativamente e, para materiais de produção externa, pode ocorrer o seu acondicionamento em diferentes embalagens.
- Armazenagem de material, esta pode ocorrer da forma mais económica, numa estante normal, ou na forma mais cómoda para se efetuar o *picking*. A configuração entre estas duas áreas deve ser compatível para garantir o reabastecimento de material. A armazenagem do material tem de ocorrer de acordo com as especificidades dos artigos a armazenar. Se por vezes é possível que alguns artigos estejam localizados no exterior do armazém, como é o caso de algumas caixas plásticas, também existem artigos como por exemplo os PCB (Printed Circuit Boards) que necessitam de condições de temperatura, humidade e poeiras controladas e que requerem condições de armazenagem muito específicas.
- *Orderpicking*, que se refere à separação e retirada do material do local de armazenamento onde se encontra para ser utilizado seja para produção, expedição ou verificação de qualidade. Este processo é geralmente despoletado por encomendas.
- Preparação e expedição de material, onde as encomendas são abastecidas e carregadas

no meio de transporte do material até ao cliente.[42]

Para desempenhar estes processos, existem uma série de recursos que estão associados ao espaço, nomeadamente:

- Unidades de armazenamento nas quais os produtos podem ser alocados, como as paletes, as caixas ou as bobines.
- Sistemas de armazenamento que consistem em vários tipos de estantes, na aplicação de rolos dinâmicos para sistemas por gravidade, na utilização de supermercados, entre outros.
- O equipamento de *picking* que permite a recolha do material dos vários sistemas de armazenamento e que pode ser automático como numa farmácia ou, no caso de ser manual, os operadores podem usar os empilhadores, comboios ou trilaterais para executarem o *picking*.
- Equipamentos auxiliares de *picking* como os sistemas de *scanning* ou os sistemas mais recentes de *pick to light* e *picking-by-voice*.
- O sistema informático que deve permitir a gestão do armazém através de uma aplicação de *warehouse management system*.
- Equipamentos de movimentação de carga e de preparação de material que permitam a carga e expedição de material no acondicionamento apropriado ao meio de transporte e às infraestruturas do cliente.
- Recursos humanos, são o factor mais importante de uma organização e na operação de um armazém convencional, essa importância faz-se sentir de forma substancial, pois são eles que potenciam os restantes recursos.[42]

A concepção de um armazém envolve cinco variáveis de maior importância, o conceito de armazém pretendido, o tamanho e as dimensões, o *layout*, equipamento e qual a estratégia operacional a implementar. O conceito permite obter um esboço dos fluxos de material e de quais os materiais utilizados, bem como das áreas onde são alocados os diferentes materiais. O tamanho e as dimensões, para além do evidente, é também a determinação da alocação de espaço às várias áreas. O *layout* refere-se à configuração dessas mesmas áreas, à disposição das estantes, ao posicionamento dos corredores. A definição do equipamento está relacionada com o grau de automatismo pretendido para o armazém, sendo que este é tanto maior quanto maiores forem as exigências da indústria e o custo de mão-de-obra. A estratégia operacional determina as operações no armazém, a respeito, por exemplo, do método de localização de material e de *picking*.[43]

Uma decisão de especial relevância no que concerne a armazéns e a centros de distribuição é a eficiente atribuição de localização aos seus vários artigos. Muitas vezes os sistemas que determinam a localização do material são baseados no volume da procura dos materiais e no seu número de requisições ao longo do tempo, contudo, a procura dos artigos é afectada pela introdução de novos produtos, a maturidade do produto ou a sazonalidade. Isto faz com que seja necessário calibrar o sistema de atribuição de localização de artigos e reorganizar o armazém, dispondo os artigos de acordo com a sua procura actualizada, segundo uma classificação como por exemplo se verifica na análise ABC. Esta alteração traz benefícios operacionais significativos pois reduz o tempo necessário para se efectuar o *picking* do material. Contudo tem também custos pois obriga à movimentação dos artigos podendo ocorrer extravios de material. Por esse motivo, o perfil de procura dos artigos é muito importante para se determinar a frequência com que deve ser efectuada

esta reorganização.[44]

2.2.3 Fluxo Logístico Interno

De entre os sete desperdícios produtivos (*Mudas*) enumerados por Taiichi Ohno, os desperdícios de transporte, os tempos de espera e os excessos de *stock* são os mais relevantes para o desempenho logístico da organização. Na procura de melhorar esse desempenho, alguns autores definiram as seguintes características da logística Lean:

- Definição do fluxo mais eficiente de material;
- Sincronização e coordenação do fluxo de material;
- Aplicação do princípio *pull* (fluxo puxado);
- Integração de processos;
- Estabilidade das operações;[45] *apud*[46]

A propósito do princípio *pull*, a sua característica mais relevante é que o material deve apenas ser transferido para um posto de trabalho se estiver prestes a ser utilizado no processo produtivo, pois dessa forma é possível reduzir os *stocks* no chão de fábrica para apenas as quantidades que representem o *stock* de segurança necessário a evitar a paragem do processo produtivo. O objectivo do sistema lean de transporte entre fornecedor e zonas de operação é a redução de *stocks* intermédios e evitar picos de produção desnecessários ou atenuar os picos de procura. Os *mizusumashi* na terminologia Lean, que são os operadores de abastecimento interno, se utilizarem comboios logísticos, cumprem na perfeição esse propósito pois operam com intervalos de tempo fixos, com capacidade constante e permitindo ao operador desempenhar uma operação padronizada.[46]

Geralmente associa-se a padronização nos tempos de ciclo a fluxos entre fornecedor e cliente, mas esta padronização pode ser replicada dentro de qualquer organização que possua várias operações subsequentes ao mesmo artigo. Para isso é necessário definir tamanhos de lote compatíveis, balancear cadências de produção entre as operações envolvidas, assegurar planeamento cuidadoso e desenhar os espaços produtivos de forma a garantir o fluxo sem necessidade de movimentação de cargas, ou nos casos em que isso é inviável, criar infra-estruturas, como os supermercados que comportem algumas ineficiências no processo. A integração de decisões táticas e estratégicas, como o controlo de inventários, dimensionamento de tamanhos de lote ou planeamento de produção são uma forma de melhorar a performance da supply chain e de um departamento logístico. Existem muitos modelos de estudo que têm estes factores em consideração, mas que ignoram ou dão pouco enfoque à integração das linhas de montagem e ao balanceamento da sua produção. [47]

O espaço no chão de fábrica é muito caro, pelo que a cuidadosa definição do tipo de supermercado a utilizar, bem como a localização dos mesmos são muito importantes para que a sua aplicação surta efeitos positivos.[48]

Inúmeras operações logísticas podem ser efetuadas sem ser necessário o recurso ao armazém. No caso da VW Autoeuropa, um paradigma interessante de eficiência na indústria automóvel, especialmente tendo em consideração o nível praticado no nosso país, existem casos de materiais cuja entrega é acordada com o fornecedor para determinada hora, numa quantidade e num embalamento pré-estabelecido, em que o material é rececionado e segue diretamente para a o bordo de linha onde é montado. A própria fábrica está desenhada de forma a que seja possível aos camiões que entregam material efetuarem

a descarga do material em cais junto aos locais de consumo. Este sincronismo permite evitar o recurso ao armazém e reduz significativamente os custos de *handling* (mão-de-obra e máquina) associados, permitindo ainda uma poupança no que concerne ao espaço ocupado pelo armazém da empresa.

2.2.4 Equipamentos de Movimentação de Carga

A evolução que se registou na indústria e na logística ao longo das última décadas, requereu equipamentos que se ajustassem à alteração de processos registada[49]. Estas ferramentas têm que ser adaptadas aos restantes equipamentos fabris (armazém, bordo de linha, tipo de embalagem utilizada) e ser compatíveis com as metodologias de funcionamento logístico da organização, a exemplo do comboio logístico, que ao ter um percurso e horário fixo, imprime uma cadência ao operador, determina a forma como devem ser executadas as tarefas e permite um controlo da efetividade das mesmas. Apesar da sua relevância prática, as referências na literatura e os trabalhos sobre a utilização de comboios logísticos e a sua combinação com supermercados, é escassa.[50] Existem alguns autores que desenvolveram procedimentos heurísticos para determinar rotas, horários e carga de forma a minimizar a quantidade de veículos e consequentemente o número de operadores na tarefa de abastecimento sem condicionar esse mesmo abastecimento, garantindo sempre que não existia ruptura de *stock*. [51] Os supermercados funcionam como áreas de armazenamento descentralizadas, dispostas ao longo do chão de fábrica, entre operações subsequentes, algo que é visível na figura 2.3. Os comboios logísticos, com os seus vagões incorporados, efectuam o *picking* no supermercado, circulam pelas suas rotas pre-definidas distribuindo os materiais recolhidos e recolhendo as embalagens vazias. Ao completarem o seu percurso, retornam ao supermercado e descartam as embalagens vazias, completando o seu ciclo operativo.[48]

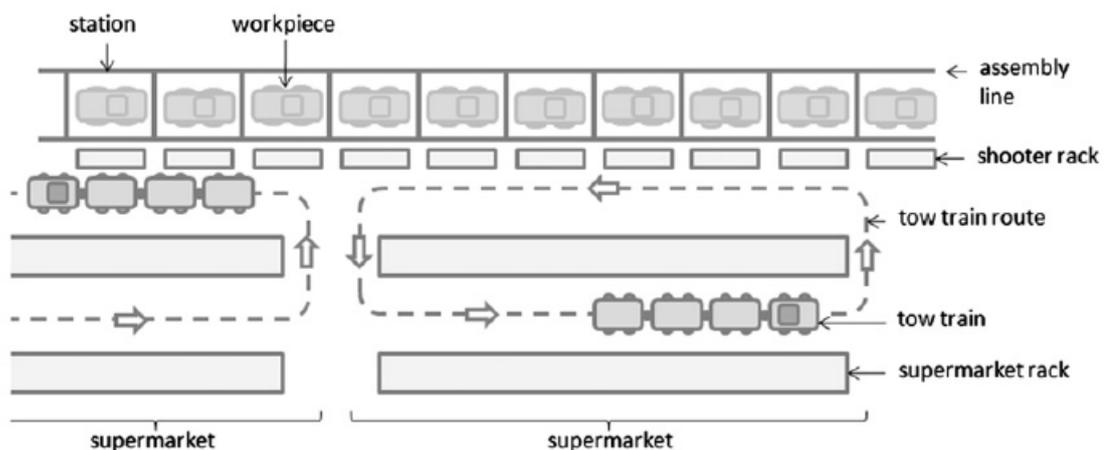


Figura 2.3: Exemplo de posicionamento de supermercado e de rotas de abastecimento de linha [48]

O empilhador convencional, também designado empilhador frontal ou contrapesado, tem o operador posicionado para a principal direção de movimentação, que é também a direção na qual estão localizados os garfos do empilhador que lhe permitem efetuar a

carga. Isto faz com que este empilhador necessite de áreas maiores para efetuar a sua operação, geralmente com larguras iguais ou superiores a 4 metros. Por esse motivo, estas máquinas são utilizadas em menor escala no interior dos edifícios, onde a área é mais cara e são mais frequentes no exterior, onde é comum existirem largas áreas de movimentação.

O empilhador retráctil, como o nome indica, possui um mastro com características móveis, permitindo o seu avanço e recuo. Este mastro é paralelo à principal direção de movimentação, mas perpendicular ao posicionamento do operador dentro da cabine. Como o seu mastro é retráctil e é um equipamento muito compacto e com um centro de gravidade mais baixo, esta máquina necessita de menor largura de movimentação em comparação com o empilhador convencional, necessitando de um mínimo de 2.8 metros, para poder operar.

Por último, existem os empilhadores rotativos ou multi-direcionais, que conseguem girar sobre si mesmos e que por esse motivo, necessitam de áreas com apenas 1.8 metros para poderem operar. São aqueles que permitem maior economia de espaço, mas também os que requerem maior grau de formação e especialização por parte dos operadores. São ainda bastante recentes no mercado, pelo que ainda não são comuns e o seu preço é mais elevado que os restantes.

2.3 Metodologias e Ferramentas

2.3.1 *Lean Manufacturing*

O sistema de produção lean, surgiu da procura efectuada pelas empresas japonesas do sector automóvel, em especial a Toyota Motor Corporation, de métodos de produção que lhes permitissem suplantar as principais indústrias americanas, nomeadamente a Ford Company e a General Motors. Para isso recorreram a métodos alternativos aos usados pelos seus concorrentes do outro lado do Pacífico desde o início do século, em especial o sistema de produção em massa no qual sabiam não ser competitivos. O primeiro grande exemplo deste conceito é o Toyota Production System [52] *apud* [53], com o alargar deste sistema aos fornecedores do grupo, assistiu-se à disseminação e melhoramento da metodologia através da indústria nipónica, acabando o sistema de produção em ser designado por Lean Manufacturing. A Produção Lean, combina as vantagens da produção artesanal e em massa, evitando a rigidez da produção em massa e os altos custos da produção artesanal. Assim, a Produção Lean emprega equipas de trabalhadores multi-qualificados em todos os níveis da organização, além de perseguir custos sempre baixos, nível mínimo de stock, e desenvolver ou adquirir máquinas altamente flexíveis, para produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos, tendo sempre em mente a máxima satisfação do cliente.[53] Os objectivos do Lean Manufacturing são a redução do desperdício de mão de obra e de material, colocando os produtos no mercado a tempo, gerindo de forma eficaz os stocks, tendo capacidade para ajustar a produção à procura do cliente, produzindo com qualidade da forma mais eficiente e barata possível.[54] *apud* [55] Para isso, os japoneses preconizam a eliminação do desperdício, *muda* na sua língua nativa, enunciando sete desperdícios que devem ser combatidos numa organização:

- Excesso de produção;
- Tempos de espera;

- Transportes de material desnecessários;
- Excesso de *stock*;
- Processos ineficientes;
- Movimentação de pessoas;
- Produtos defeituosos;

2.3.2 *Just-In-Time*

Just-In-Time (JIT) é um sistema de gestão da produção, que tem como objetivo primordial a redução dos tempos de transporte dentro da unidade de produção, podendo também ser alargada a fornecedores e clientes. Foi criado pela Toyota Motor Corporation, cujo vice-presidente Taiichi Ohno, responsável pela implementação e coordenação do mesmo, define da seguinte forma:

- As equipas que constituem a estrutura operacional da organização são constituídas por operadores com competências diversas, adquiridas através de formação, numa quantidade significativa de etapas de uma determinada operação. Isto permite a regulação do tipo e da quantidade de material produzido de acordo com flutuações na procura de mercado através da alteração do número de operadores que estão alocados à linha de produção.
- Aposta no método de *Total Quality Control*, ou seja, o controlo de qualidade é efetuado em todas as etapas do processo pelos próprios operadores intervenientes. Isto garante uma taxa de deteção de erros mais elevada e permite que os operadores se envolvam na gestão de qualidade. Uma vez mais, o requisito formação dos operadores assume grande relevância.
- O controlo de processo tem que ser atualizado constantemente mediante a procura do cliente, que determina as necessidades de ajuste ao tempo de ciclo. Dessa forma eliminam-se excessos de stock e procura-se potenciar a utilização de equipamentos e de mão-de-obra.
- A implementação de um controlo de custos abrangente para se eliminarem despesas supérfluas.[56]

Isto leva a grandes poupanças em termos de custos de qualidade. Existem estudos que demonstram que empresas que aplicam o conceito JIT na resolução de encomendas, registam reduções na ordem dos 20 a 40% nas penalizações do cliente por atrasos e por problemas de qualidade de produção [8].

2.3.3 *Value Stream Mapping*

O *Value Stream Mapping* (VSM) é o mapeamento de todas as actividades, contemplando as actividades de valor acrescentado, sem valor acrescentado e actividades de suporte, que são necessárias para criar um produto e colocá-lo ao dispor do cliente. Isto inclui o processo operacional, o fluxo de material entre processos, todas as actividades de controlo e gestão associadas. Efectuar um VSM permite uma visão da organização e do seu sector produtivo como um todo, não se focando apenas nos aspectos individuais. Este método é reconhecidamente uma das ferramentas LEAN mais importantes. O VSM é um esquema visual pois associa cada actividade a uma figura, que posteriormente são todas integradas num esquema de fluxo produtivo de determinado artigo, no qual existe

também uma *timeline* que permite associar cada operação ao seu *lead time*. Posteriormente, a análise desse esquema permite aferir quais as actividades superfulas e quais aquelas que mais condicionam o processo produtivo, existindo aí a detecção das necessidades de melhoria e a avaliação do custo/benefício de cada intervenção.[57] A expressão que permite calcular o *Lead Time* da cadeia do VSM:

$$LT = \sum_i (TO + TP + TS) + \sum_j TA[57] \quad (2.1)$$

TO - tempo da operação

TP - tempo do processo (transporte e controlo)

TS - tempo de *setup*

TA - tempo de armazenamento

2.3.4 *Kanban*

Kanban é uma ferramenta do TPS, associada ao sistema Pull, que foi criada para permitir o controlo dos níveis de stock, de produção e de abastecimento de componentes. Graves (1995) definiu o kanban como um mecanismo de Controlo de Fluxo de Material.[58] Este método permite o controlo da quantidade e do tempo necessário para a produção. Disseminou-se por indústrias de todo o mundo e é mesmo aplicado em outros sectores, porque o facto de usar cartões torna a sua interpretação universal e de fácil compreensão. Também por isso, com a disseminação e a aplicação em contextos diferentes do original, hoje o termo *kanban* representa os cartões usados para controlo dos materiais no chão de fábrica para lançarem ordens de produção, determinarem sequências de produção, despoletarem necessidades da *Bill of Materials* (BOM) de um artigo. Esta disseminação levou também a adaptações na própria metodologia, tentando adaptar o conceito a diferentes realidades e a diferentes organizações. Uma análise às várias publicações sobre esta metodologia demonstra que as publicações que reportavam a aplicações práticas da metodologia *kanban* sofriam mais alterações em relação às características do sistema original, o que traduz a dificuldade em plasmar o conceito a diferentes organizações sem o alterar. Existem referências na literatura a limitações deste sistema nomeadamente em situações de procura instável, indefinição de tempo de ciclo, operações não padronizadas, tempos de *setup* elevados, grande variedade de artigos e incerteza no abastecimento de matérias primas.[59] *Kanban* (*kahn-bahn*) é uma palavra japonesa que significa "registo visível" ou "componente visível". Geralmente refere-se a uma indicação visual de algum tipo. No contexto de produção, a indicação visual é efectuada por cartões *Kanban*. Neste sistema os clientes, que pode ser interno para movimentos entre operações de fabrico ou externo, requisitam componentes aos fornecedores, que também podem ser internos ou externos, criando assim um fluxo puxado (*pull-flow*) de material. A premissa do kanban é que não vai ocorrer movimento ou produção de material sem uma solicitação do cliente nesse sentido. Especialmente por isso, é muito importante a definição de quantidade e localização de stocks intermédios, em coerência com o *lead time* e tempo de transporte dos materiais. Hoje em dia, esta metodologia já tem algumas variantes digitais em que o sistema de gestão de produção gere a informação das produções e despoleta ordens de produção a montante.[55] As empresas devem por isso compreender que a implementação do sistema kanban obriga a uma re-estruturação de toda a metodologia de trabalho da organização seja nos seus fluxos de material, mas também na relação com clientes e

fornecedores, processos internos e operações. Tudo isto deve ser integrado e trabalhado por uma equipa multidisciplinar e transversal a vários departamentos para se explorarem todas as potencialidades da metodologia e assim se obterem os efeitos desejados. O sistema kanban é essencial para assegurar o sucesso das práticas JIT e para criar um fluxo regular e eficaz de material ao longo da cadeia de produção.[60]

2.3.5 Nivelamento de Produção

O nivelamento de produção passa por assegurar que picos na procura do cliente não são multiplicados ao longo da cadeia produtiva, permitindo dessa forma atenuar o efeito de chicote, que é quando uma perturbação na sequência produtiva é propagada e ampliada ao longo da mesma. Com o nivelamento de produção, pelo contrário, a cadeia de produção consegue absorver e minorar estes picos, sem a existência de perturbações no cumprimento dos requisitos do cliente. A primeira forma de se atingir esse objetivo, não está relacionada exclusivamente com a cadeia produtiva, é através da comunicação com o cliente. Existem várias tipologias de produtos que são afetados pela sazonalidade. Se existir uma comunicação eficaz com o cliente, é possível antecipar esses períodos e adaptar a cadeia produtiva a esses picos de encomendas. No sector automóvel, é frequente serem providenciados *forecasts* aos clientes com as expectativas de produção para períodos entre 2 a 18 semanas. Contudo estes valores são estimativas e como já foi referido, são as encomendas dos clientes finais que despoletam efetivamente ordens de produção. A redução do tamanho dos lotes é uma metodologia complementar. Se todas as produções forem, em último caso, reduzidas à unidade (*one piece flow*), desde que as linhas estejam adaptadas a variar a sua produção de forma simples e rápida, a permutabilidade entre produtos fica simplificada e permite que várias linhas produzam o mesmo produto ou que uma linha produza vários produtos dependendo do que procura o cliente, flexibilizando o planeamento de produção e melhorando a capacidade de resposta da organização. A criação do quadro de nivelamento de produção permite saber a que horas está prevista a produção de cada produto, permitindo uma visão geral sobre toda a cadeia produtiva. Desta forma o planeador ou os coordenadores da produção têm uma visão geral sobre o processo podendo ordenar a produção de forma a que as mudanças de produção nas diversas linhas tenham menor impacto, seja pela similaridade de produtos, seja porque se pode evitar que as mudanças de equipamento e ferramentas associadas à mudança da produção de vários produtos coincidam e dessa maneira alocar de forma mais eficiente os recursos humanos associados a essa mudança, quando estes são necessários.[61] Nos fabricantes automóveis começa a aplicar-se um método de preparação de material, designado *kitting* que simplifica muito a aplicação da produção de lotes unitários. Este método consiste na separação e sequenciação (*Just-In-Sequence*) prévia dos componentes na quantidade necessária à produção de apenas um veículo, num posto operativo específico. Esta preparação do *kit* ocorre em supermercados localizados ao longo da fábrica e os mesmos são distribuídos através do comboio logístico.[62]

Capítulo 3

Caracterização da Aspöck Portugal e Objetivos do Projeto

3.1 Caracterização da Empresa

A Aspöck Portugal, localizada em Oliveira de Azeméis, é a principal unidade de produção do grupo Aspöck Systems, uma multinacional austríaca produtora de elementos de iluminação para o sector automóvel. O projeto foi iniciado em Abril de 2014 e resultou, entre outros feitos relevantes, na conclusão da construção das novas instalações da empresa, em Janeiro de 2015.

A empresa, que no passado se dedicava exclusivamente à produção de componentes para veículos pesados, está gradualmente a transitar para o exigente mercado dos veículos ligeiros, o que contribuiu para a necessidade de ampliar e adaptar as suas instalações, e tem como principais clientes algumas das grandes construtoras automóveis:

- Volkswagen AG (Audi, Lamborghini, Volkswagen)
- PSA Groupe (Peugeot e Citroën)
- Daimler AG (Mercedes)
- Mitsubishi Motors

A Aspöck Portugal é uma empresa que produz componentes de iluminação para o setor automóvel. De acordo com os padrões definidos pela União Europeia é considerada uma grande empresa, atendendo a que, em 2016, contava com 650 colaboradores e o seu volume de faturação ultrapassou os 55 milhões de euros. Desses 650 funcionários, perto de 350 constituem mão-de-obra direta, sendo que 280 operam em linhas de montagem e 70 operam máquinas de injeção, sendo essas as principais áreas produtivas da empresa. Na empresa existem quatro grandes áreas associadas à produção, o departamento de produção, o departamento logístico, o departamento de qualidade e o departamento de processos, todas sob a gestão da direcção geral, conforme se pode observar na figura 3.1.

O parque de máquinas da empresa é constituído por 34 máquinas de injeção, cuja tonelage varia entre 50 toneladas e as 750 toneladas de força de fecho, sendo que o abastecimento de polímeros a 32 dessas máquinas é assegurado através de um sistema de transporte de granulado por vácuo complementado por 20 estufas, que efetuam o aquecimento e humedificação do material prévios à injeção.



Figura 3.1: Organograma da Aspöck Portugal, no início do projeto

Recentemente, a organização autonomizou e reforçou as suas equipas de desenvolvimento de projeto, que agora não dependem hierarquicamente da direção fabril. Essas equipas são constituídas por cerca de 60 técnicos com formação superior e efetuam desenvolvimento de raiz de projetos do sector automóvel, não apenas para a Aspöck Portugal e outras fábricas do grupo, mas também para terceiros, comercializando esse trabalho como fornecimento de serviços.

3.2 Departamento Logístico

O Departamento Logístico foi organizado de forma a controlar todos os fluxos de material da organização. Dessa forma engloba:

- **Suporte a Clientes**, efetua a receção de encomendas e negocia com os clientes as datas de entrega do material. Tem ainda a responsabilidade de efetuar seguimento interno das encomendas, colocando o cliente a par de alguma anomalia ou discrepância no cumprimento de prazos.
- **Planeamento**, efetua a sequenciação das encomendas em diferentes ordens de produção, de acordo com a disponibilidade de recursos, sejam eles máquinas, recursos humanos ou componentes. Tem a seu cargo o planeamento de todas as operações de produção contemplando montagem, injeção e metalização. É também responsável por balancear a produção e garantir compatibilidade entre as matérias primas a injetar consecutivamente nas mesmas máquinas.
- **Aprovisionamentos**, têm a seu cargo a colocação de encomendas a fornecedores e o seguimento do cumprimento das mesmas. Em simultâneo, são também responsáveis pela coordenação de todas as operações produtivas executadas por terceiros, ou seja subcontratados, tendo que garantir os componentes para que as mesmas decorram de acordo com o esperado.
- **Logística Interna**, responsável pela receção de material, armazenamento, preparação de ordens de produção, abastecimento às linhas, fluxos internos de material e recolha de produto acabado das linhas de produção.
- **Logística de Expedição**, trata do armazenamento do Produto Acabado, da sua expedição e da correta etiquetagem dos produtos enviados para os clientes.

Assegurando a sincronia entre estas várias equipas é possível controlar a cadência do sector produtivo da organização e, no caso de existir alguma anomalia num destes processos, ajustar a produção de forma a não condicionar a performance de entrega aos clientes. Este desenho organizacional, garante também que o departamento controla todo o fluxo de material e permite efetuar um balanceamento da cadeia de abastecimento.

3.3 Estruturas Físicas e Equipamentos

A opção estratégica da empresa, de procurar implantar-se em novos e mais exigentes mercados, com requisitos técnicos adicionais, levou a que existisse a necessidade de se adaptar e expandir as infraestruturas da empresa. Em 2013, a Aspöck possuía dois edifícios com equipamentos produtivos. Um desses edifícios media cerca 3 000 m², sendo que metade dessa área era dedicada à montagem de equipamentos e o outro, com 5 000 m², onde 40% do espaço estava equipado com equipamentos de injeção de plásticos. No restante espaço, procedia-se maioritariamente ao armazenamento de material e a tarefas de controlo de qualidade. No total existiam quatro espaços de armazenagem, sendo dois nos locais já mencionados, sendo utilizados preferencialmente para armazenagem de produto de compra e produto em curso, e duas estruturas de armazenagem, em regime de aluguer, que distavam cerca de 5 km das restantes instalações produtivas e entre si. Um desses edifícios era utilizado para armazenagem e expedição de Produto Acabado para os vários clientes da empresa, processo que ocorre maioritariamente através de camiões e de contentores marítimos, dependendo do cliente. Geralmente, em clientes do mercado comunitário a expedição é feita por via terrestre e nos restantes clientes, nomeadamente Estados Unidos da América, Brasil e Japão, ocorre pela via marítima. A restante estrutura de armazenagem era utilizada com produtos de menor rotatividade. A dispersão de espaços de armazenagem obrigava à existência de transportes entre eles, que representava um incremento dos tempos de transporte dos materiais e obrigavam à existência de equipamentos específicos para efetuarem transporte de material no exterior, que por sua vez tinham que ser monitorizados, o que se traduzia num desperdício de recursos.

3.3.1 Indicadores de Performance Logísticos

Vários estudos apontam para que idealmente os encargos com a Logística representem, em média, 6% dos custos totais da empresa, nas indústrias do sector da injeção de peças plásticas. Esta definição varia na medida em que existem departamentos com funções mais abrangentes que outros e, no caso em estudo, a fábrica possui também uma área de montagem com uma dimensão muito considerável, bem como, uma profusão de componentes e de artigos resultantes do processo produtivo. Apesar dessas limitações, os métodos empregues na gestão do departamento, tiveram sempre como objetivo a aproximação a esta meta, muito através da redução de desperdício e aumento da eficiência dos processos, sem colocar em causa a procura de outros objetivos da organização. Muitas organizações referem ter como objetivo a satisfação do cliente. Um dos meios mais importantes para atingir esse fim no sector, a par da quantidade de unidades não conforme, é a performance de entregas. Este indicador refere-se à entrega da quantidade

de material definida em acordo entre cliente e fornecedor, na data definida entre as partes. Com as consequências já explicitadas de se causar uma paragem numa fábrica de um fabricante automóvel, este indicador ganha uma importância substancial, que faz com que a relevância do Suporte a Cliente, responsável pelo seguimento do mesmo, seja cada vez maior numa organização.

No sentido de garantir o cumprimento das exigências do cliente, também ocorrem avaliações frequentes, quer de clientes quer de entidades independentes, através de auditorias aos processos e metodologias aplicados na organização. Essas auditorias servem para aferir se os requisitos contratuais estabelecidos, as boas práticas do sector e a normas legislativas estão a ser cumpridas. É frequente resultar das auditorias um conjunto de ações de melhoria trabalhadas em conjunto com os auditores no sentido de debelar os problemas identificados. Na conclusão das auditorias, são emitidas avaliações da empresa e, em alguns casos, dos departamentos auditados. Estes momentos são de especial importância para as organizações pois para além de permitirem auscultar a opinião de entidades externas sobre a evolução dos seus processos, nalguns casos a adjudicação de novos projetos está dependente de avaliações positivas nas auditorias.

A redução do *lead-time* também contribui para o aumento da competitividade da empresa e vai de encontro aquilo que são, cada vez mais, as expectativas do mercado. Conforme já foi abordado anteriormente, a redução do *lead-time* implica alterações em toda a cadeia produtiva, desde a relação com os fornecedores até ao aumento da versatilidade do processo produtivo, passando pela redução de etapas e quantidades de armazenamento de material e alterações nas metodologias de planeamento de produção.

Mais vocacionado para a avaliação interna da empresa e para os seus fluxos de capital, está a evolução dos *stocks* da empresa em termos de valor. Este indicador, muitas vezes indicando também a valorização de *stock* por tipologia de artigo, permite aferir o trabalho dos aprovisionadores, a frequência de entrega dos fornecedores, a efetividade do processo de definição de tamanho de lote e da metodologia de cálculo das necessidades de material para a produção. Quando bem executada, esta tarefa permite às organizações pouparem dinheiro e reduzirem paragens de linha por falta de material. Com a diminuição da ocupação do armazém, toda a operação logística fica simplificada, o que no caso concreto da Aspöck é muito significativo, atendendo a que se operam com cerca de 10 000 SKUs.

Acompanhar a evolução das paragens de linha no caso da montagem, em que a mão de obra se encontra parada com todos os custos inerentes é também uma boa forma de detetar problemas dentro da organização e ter um ponto de partida para a correção dos mesmos. Na zona de injeção, é usual seguir-se a evolução do OEE (Overall Equipment Effectiveness) atendendo a que é um indicador que permite de forma bastante direta medir a efetividade das máquinas. Tendo em consideração o elevado custo de aquisição das máquinas, o alto preço das matérias-primas e da energia e ainda o facto de existirem paragens de linha na montagem que podem ser causados por problemas de produção na zona da injeção este é um indicador muito relevante e no qual a empresa se tem focado.

Tabela 3.1: Indicadores seguidos no Departamento Logístico da Aspöck Portugal

Indicador	Unidade Medida	Registo	Periodicidade
Evolução Stocks	Valor Monetário (€)	Gráfico	Semanal
Paragens de Linha	Tempo (Horas)	Gráfico e analítico	Diária
Rotação de Stocks	Tempo (Semanas)	Analítico	Semanal
Faturação	Valor Monetário (€)	Gráfico	Semanal

3.3.2 Principais Projetos

O projeto Caddy foi o primeiro projeto de um farolim traseiro integralmente desenvolvido na empresa, com a necessidade de assegurar à fábrica da Volkswagen (VW) de Poznan, onde se efetua a montagem do veículo, grandes volumes diários de material. A dimensão e os requisitos do cliente neste projeto, acabaram por se tornar no argumento decisivo para se proceder à expansão das instalações da empresa. O projeto que teve o seu *Start of Production* (SOP) próximo do final de 2014, tinha volumes diários contratualizados com o cliente que oscilavam entre os 700 e 1000 pares de peças. Neste tipo de componente é frequente as construtoras automóveis procederem à aquisição de pares de peças, que correspondem a componentes simétricos para serem aplicados de ambos os lados do veículo.

Atendendo a que a fábrica da VW onde ocorre a produção do veículo onde este componente é consumido está localizada na Polónia, aquando da conceção do projeto ficou determinado que a Aspöck construiria uma unidade de produção nesse país e quando esse investimento estivesse concretizado, a produção deste modelo transitava para essa unidade de produção. Na definição do projeto, estava definido que a construção estaria concluída 6 meses após o *ramp up* da produção. Contudo, por constrangimentos vários relacionados com questões de construção e operacionais da nova unidade na Polónia, este prazo prolongou-se e este projeto esteve em produção em Portugal durante cerca de 18 meses. Neste período de tempo, para além das auditorias frequentes por parte da VW, foi necessário acumular stock para acautelar a transição de instalações, que demorou 8 semanas, e por isso produzir acima do que estava previsto inicialmente.

Em simultâneo com o desenvolvimento do projeto Caddy, a empresa encontrava-se à procura de novos projetos de grande dimensão que viessem colmatar a transição da produção dos farolins do VW Caddy para a Polónia. Entre outros projetos de menor dimensão, a Aspöck assegurou o fornecimento por um período de tempo superior a cinco anos, dos farolins traseiros dos veículos comerciais da PSA para as fábricas de Mangualde e Vigo. Este projeto cumpre integralmente a lógica de expansão da unidade de negócio portuguesa do grupo, atendendo a que se trata de um fornecimento a um grande cliente do sector automóvel, numa lógica de proximidade, aproveitando o crescimento do sector na Península Ibérica e tirando proveito das aquisições de equipamento e máquinas concretizadas no projeto anterior.

3.4 Objetivos da Empresa

3.4.1 Redução dos Custos Logísticos

A transição para novas instalações permitiu à organização uma concentração de operações, o que resultou, entre outras coisas, numa redução substancial dos transportes entre armazéns. A título de exemplo, anteriormente, devido à inexistência de locais de expedição e de preparação de encomendas, era necessário efetuar o transporte de todo o produto acabado para um espaço que distava aproximadamente 5 km dos locais de produção. Após esse transporte, era efetuada a *stockagem* do material em locais inapropriados e preparada a carga que era efetuada sem recurso a cais. Disto resultava um acréscimo substancial de operações, sobrecarga sobre operadores e máquinas, aumento do *lead time* e menor flexibilidade de resposta, bem como um aumento dos erros na expedição. Todos os componentes injetados internamente para serem utilizados na montagem de peças, também eram produzidos e armazenados numa área fisicamente distante da área onde ocorria o seu consumo. Apesar das distâncias neste caso serem inferiores, o seu transporte requeria a travessia de uma via pública, inviabilizando o seu transporte apenas através dos meios habituais de movimentação de cargas e requerendo a utilização de veículos pesados nesse processo. Estes veículos, para além de um processo de carga e descarga mais moroso, necessitam de ser conduzidos por pessoal especializado, o que representava um constrangimento adicional. As melhorias inerentes à concentração de operações ficam bem patentes na comparação entre o *lead time* do processo visível nos VSM efetuados.

A transição de instalações representou também uma oportunidade para a aquisição de novos equipamentos e estruturas que beneficiassem a operação da organização. Com o aumento da eficiência de alguns processos, nomeadamente do *picking* que saiu largamente beneficiado com a introdução de *racks* dinâmicos, com a melhoria do conceito de localização de material, com a introdução da metodologia *kanban*, com a redução da quantidade de material por caixa, aproximando as quantidades por caixa aos tamanhos de lote e melhorando a ergonomia das mesmas, com a concentração de armazéns e com a introdução de novos equipamentos de movimentação de carga, foi possível aumentar o número de operações de *picking* por operador e com isso reduzir a quantidade de operadores alocada a essa tarefa. Num departamento que contava com cerca de 90 colaboradores, a redução do efetivo de operadores também desempenha um papel importante na redução dos custos gerais do departamento.

A aquisição de novos equipamentos de movimentação de carga, procedendo-se à substituição quase integral das máquinas antigas teve também uma contribuição importante neste capítulo. Note-se que, como será possível observar na descrição pormenorizada do parque de máquinas, muitos dos equipamentos antigos, não se coadunam com as exigências e práticas em vigor no sector automóvel. Seja porque operam a gás e dessa forma já não podem operar em recintos fechados, seja pela sua baixa capacidade de carga e baixa manobrabilidade ou ainda pela curta duração das suas baterias. Com esta substituição, para além dos equipamentos estarem totalmente adaptados ao espaço físico onde estão inseridos, através da altura operatória dos seus mastros e dos seus raios de curvatura, operam todos a energia elétrica permitindo centralizar áreas de carga e o seu contracto de aquisição prevê a realização de operações de manutenção preventiva por parte do

fornecedor. Em suma, com uma redução do parque de máquinas e assegurando custos operatórios fixos (ou pouco variáveis se incluirmos a componente do consumo energético) é possível melhorar o desempenho logístico. O facto de se ter reduzido a variabilidade das máquinas permitiu também uma maior incisividade nas ações de formação que foram ministradas aos operadores. Desta forma conseguiu-se que um elevado número de operadores estivesse habilitado a operar com a maioria das máquinas disponíveis. Este ganho de polivalência simplifica o planeamento das operações do terreno e permite maior capacidade de resposta a problemas que são frequentes na organização, como a falta de assiduidade.

3.4.2 Melhoria no Cumprimento de Prazos Encomendas de Clientes

A redução de custos é um capítulo muito importante para o desenvolvimento e competitividade de uma organização, contudo não é possível a sua evolução e, como no caso em análise a transição para um mercado com maior exigência, sem que as alterações ao seu processo produtivo resultem também numa melhoria da sua *performance* de entregas aos clientes.

No passado, por o principal cliente ser uma empresa do mesmo grupo, existiam dois problemas substanciais na relação cliente-fornecedor. Da parte da empresa mãe e principal cliente que, em 2014 representava cerca de 60% da volume de faturação da Aspöck Portugal, existiam lacunas significativas na gestão da sua própria carteira de encomendas. A empresa mãe situada na Áustria, é o centro de distribuição do grupo retirando proveito da sua localização central e de proximidade com a generalidade dos seus principais clientes. Para esse fim, procedeu à construção de um armazém automático com capacidade para cerca de 20 000 paletes de material. Isso deveria permitir constituir um *stock* de segurança dos artigos de maior rotatividade e atenuar os picos de encomendas de clientes, provocados pela elevada sazonalidade dos seus produtos. Contudo, porque a informação dos clientes não fluía convenientemente nem era trabalhada através dos diversos intervenientes da *supply chain*, as previsões de encomendas que chegavam a Portugal eram com base anual e raramente fidedignas.

Esta situação originava flutuações de encomendas muito substanciais à Aspöck Portugal, sem um histórico anual muito preciso e que surgiam sem a antecipação necessária. Quando a isto se somavam restrições à contração temporária de recursos humanos, cuja escassez era o principal gargalo produtivo, isto resultava frequentemente na acumulação de atrasos. Com a pressão dos clientes a ser efetuada junto da Aspöck Áustria, era frequente usarem esses períodos para reforçar o *stock* de segurança dos artigos mais críticos, o que colocava ainda mais pressão sobre a produção em Portugal. Tudo isto era a concretização do já citado efeito chicote das perturbações e resultava frequentemente em atrasos de centenas de milhares de peças, sem capacidade de resposta às encomendas do cliente final, ou em períodos de baixa produção em Portugal, sem necessidades de produção para ocupar todos os operadores e com o armazém automático da Áustria preenchido com artigos sem rotação. O gráfico 3.2 demonstra de forma clara a magnitude deste efeito sobre o volume de encomendas em carteira.

A adaptação à indústria automóvel foi por isso muito importante para a organização

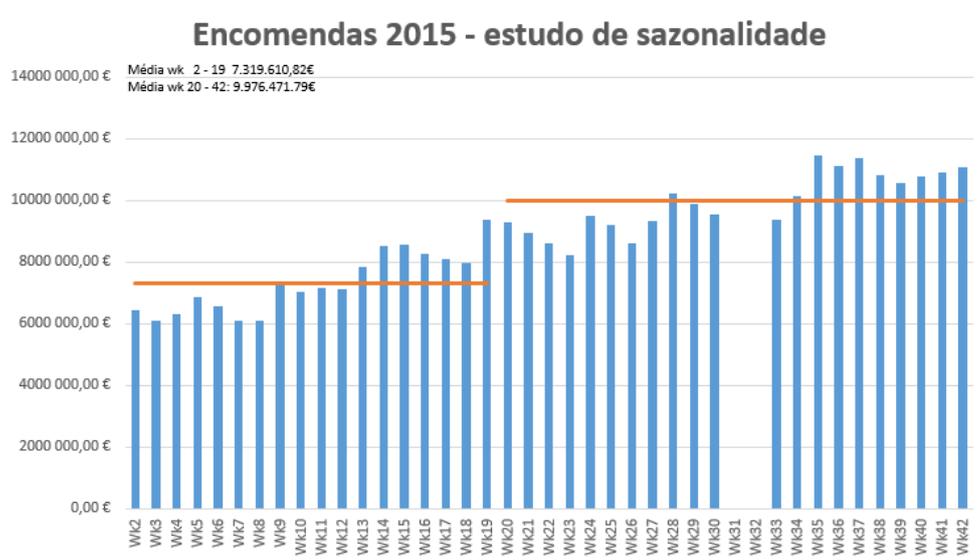


Figura 3.2: Evolução das encomendas em carteira no ano 2015

porque para além de existir uma maior previsibilidade nas encomendas e menor sazonalidade, obriga a organização a adaptar-se ao nível da capacidade de resposta. Como já foi mencionado anteriormente, estes clientes contratualizam os intervalos de produção que é necessário garantir e geram *forecasts* frequentes para permitirem aos seus fornecedores uma adaptação gradual às suas necessidades. Contudo, também colocam as encomendas definitivas e obrigam a que se produzam várias versões do produto em intervalos de tempo extremamente curtos e neste contexto não há tolerância para atrasos na entrega de material, em especial com os fornecedores que trabalham em sistema JIT.

As melhorias introduzidas para garantir o cumprimento das encomendas dos clientes do sector automóvel, quando replicadas ao resto dos clientes da empresa, permitiram, por exemplo, que algo simples como melhorar a comunicação entre os *stakeholders* dentro do grupo tivesse um impacto positivo muito profundo sobre o funcionamento da produção, permitindo que se antecipassem tendências e se trabalhasse de forma a minorar e neutralizar os picos de encomendas dos clientes, reforçando as equipas de acordo com a sazonalidade dos produtos.

Tabela 3.2: Cumprimento dos prazos de encomendas antes do início do projeto (Março 2014)

	Unidades	%
Dentro do prazo	982 488	74,1%
Em atraso	343 451	25,9%
Total	1 325 903	

3.4.3 Controlo Efetivo de Stocks

O *software* utilizado pela empresa, IOS da Mirakon, possui limitações significativas no campo da gestão de armazéns, limitando-se a associar os lotes de cada artigo à localização que os operadores registam no sistema para os mesmos, não permitindo por exemplo, sugerir uma localização preferencial ou determinar a taxa de ocupação do armazém. O sistema efetua ainda a reserva dos lotes de cada artigo, de acordo com a sua antiguidade respeitando o FIFO, para as ordens de produção que são planeadas. No IOS, após essa associação ocorrer, o sistema não permite que ocorra a associação entre esse material e a localização, caso ela ocorra à posteriori, mas o operador que efetua essa localização não recebe nenhuma informação a respeito do erro. Estas limitações do software condicionam em muito a operação do armazém e o funcionamento do departamento logístico.

O controlo efetivo de stocks é uma tarefa muito exigente e assume grande relevância no bom funcionamento da logística operacional. Para além daquilo que já foi mencionado, o processo da empresa estava desenhado de forma a que não fosse efetuado o registo em sistema das sub-operações de montagem. Isto implica que os sub-conjuntos montados nas linhas de montagem, e que devido à complexidade de alguns processos produtivos eram bastante numerosos, valendo aproximadamente 10% do valor do inventário da empresa, não estivessem registados em sistema, não sendo possível ser-lhes associada uma localização e não permitindo ao planeamento informação detalhada sobre o material disponível para se produzirem as operações subsequentes. Estas limitações têm um efeito perverso sobre a produção, sucedendo que os sub-conjuntos de montagem, que podem atingir 9 operações de montagem consecutivas para o mesmo produto final, são produzidos sempre associados à Ordem de Fabrico (OF) de produto final. Chega a suceder existirem sub-conjuntos disponíveis mas para ordens de produção distintas, sendo que o sistema informático não permite o seu consumo e as linhas param mesmo com disponibilidade de material.

Por estes motivos, importava simplificar não apenas o fluxo de material, reduzindo o número de pré-operações na cadeia de produção e incorporando, tanto quanto possível, operações na linha de montagem final, mas também intervir nos sistemas de informação e criar ferramentas que simplifiquem as tarefas de movimentação e contagem de material. Este controlo de stocks não é apenas importante para a área produtiva mas também por razões contabilísticas e fiscais. A esse respeito, na empresa realizava-se um inventário anual para validar as quantidades de material. Para além de permitir retificar alguns problemas decorrentes de erros de operação e das limitações do sistema, permite aferir a magnitude desses problemas e a sua evolução ao longo dos anos.

Existindo um controlo efetivo de *stocks* também é possível medir, com maior assertividade, a evolução dos mesmos ao longo do tempo e quando cruzados com outros indicadores, como por exemplo a faturação ou a quantidade de artigos vendidos, medir o desempenho da equipa de aprovisionadores ou qual o impacto da variação do preço de determinada matéria prima no valor do material em stock.

3.4.4 Redução dos Tempos de Paragem de Linha

A contabilização das paragens de linha, apesar de se tratar de um indicador elementar, quando trabalhado apropriadamente é um excelente meio de deteção de problemas, permitindo à empresa um diagnóstico das áreas mais problemáticas. Permite ainda a definição de metas e de objetivos concretos de desempenho dos vários departamentos da área produtiva.

No caso da Aspöck, em 2013, as reuniões de paragem de linha, não eram mais que uma reunião de chefias intermédias apenas para apurar as responsabilidades sobre as paragens ocorridas. Posteriormente a quantificação das responsabilidades por departamento era colocada em sistema, onde era possível a sua consulta, mas sem no entanto estar associada a métricas de análise da sua evolução e sem associação aos objetivos de cada departamento.

A empresa, verificando aí uma oportunidade de melhoria substancial, começou a alterar esse paradigma. Mais do que discutir-se a atribuição das paragens a determinados departamentos, começou-se a efetuar uma leitura mais abrangente de quais eram os problemas que originavam mais paragens e de que forma é que a organização podia debelar esses problemas. Daí resultou um meio efetivo de compreensão de problemas dos vários departamentos e, muitas vezes a definição de planos de ações cujo seguimento ficava ao encargo do diretor do departamento responsável.

3.5 Recolha e Tratamento de Dados Relevantes para o Projecto

3.5.1 Tipos de Artigos Comprados e Produzidos

As principais categorias de artigos de compra são as seguintes:

- **Polímeros** - sempre na forma de granulados, são utilizados para a injeção de componentes, os tamanhos de lote muito elevados porque os fornecedores são estrangeiros e de forma a atingirem-se poupanças de escala e estão normalmente embalados em sacos de 25 kg, *octabins* e *big-bags*, o que dificulta o seu manuseio. Os preços variam muito de acordo com o preço do petróleo e com os câmbios.

- **Componentes de fixação (parafusos, porcas e anilhas)** - constam em quase todos os produtos acabados e têm elevada densidade atendendo a que são metálicos. Alocados a caixas pequenas e muito pequenas de forma a garantir-se o cumprimento do peso máximo por caixa, o que também permitiu que ao serem alocados a supermercados, existissem mais artigos em localizações de *picking*. Usualmente fornecidos por empresas da região, com elevada frequência.

- **Fios** - aplicados em vários processos de montagem, com valor substancial atendendo a que incorporam cobre. Alocados a caixas pequenas de forma a minimizar as contagens no processo de abastecimento. Usualmente fornecidos por empresas da região, com elevada frequência.

- **Cabos (em bobines e cortado)**- Material utilizado para efetuar a ligação do farolim ao veículo. Geralmente proveniente de fornecedores estrangeiros em pesadas bobines e posteriormente trabalhado em empresas que efetuam o seu corte e re-embalamento.

- **Lâmpadas** - Componentes utilizados em todos os produtos. Com bastantes referências

de muito alta rotação. Proveniente do estrangeiro, com entregas quinzenais ou mensais. Obrigam a operações de re-embalamento internas atendendo a que a grande dimensão dos fornecedores não dá margem a negociações em que esse processo transite para eles. Material de baixa densidade.

- **Cartão (caixas e separadores)** - Materiais utilizados para efetuar o embalamento do produto acabado. Proveniente de fornecedores nacionais. Poucas referências, com elevada rotação e proveniente de fornecedores regionais. Material de baixa densidade e pouco valor mas difícil manuseio, atendendo à dimensão de algumas embalagens quando compactadas.

- **Colas** - Material peculiar atendendo a que está geralmente no estado líquido. De forma a minimizar o impacto de derrames, estão alocadas a um armazém específico em conjunto com outros líquidos e materiais potencialmente perigosos. O seu manuseio é difícil atendendo a que devem ser transportadas na embalagem do fornecedor, pois utiliza um tipo muito específico de embalagem.

- **PCB's** - Material electrónico de elevado valor e com muitas especificidades de acondicionamento. Embalamento, transporte e armazenamento sob condições específicas, o que implicou a criação de armazém próprio, com restrições de acesso, condições anti-estáticas e ambiente controlado.

Existem sub-categorias, conforme é visível na figura 3.3, que são determinadas pelas características do material e que influenciam a codificação do material.

Nestas 8 categorias é possível enquadrar a generalidade dos artigos de compra, sendo que em termos de armazenagem e de *handling*, dentro da mesma categoria existem grandes similaridades. Dessa forma, ao efetuar-se o dimensionamento do armazém, optou-se por atribuir um espaço específico a cada categoria. Infelizmente verificou-se que também aqui o *software* utilizado pela empresa apresenta limitações a este nível, pois não permite associar a um artigo a localização na qual deve ser guardado preferencialmente de acordo com a sua tipologia e rotatividade.

FAMILIA	GRUPO	DESIGNAÇÃO	SUB GRUPO	DESIGNAÇÃO	IDENTIFICAÇÃO
4	01	PLÁST. VIRGEM	01 - 02	PMMA	000
			03 - 04	ABS	000
			05 - 06	PVC	000
			07 - 08	PA	000
			09 - 10	POLIESTIR.	000
			11 - 12	PP	000
			13 - 14	TR / EVOPRENE	000

Figura 3.3: Excerto da lista de codificações de artigos

Para além destes, existem os componentes produzidos internamente. Destes importa

realçar os seguintes:

- **Componentes Injetados** - Provenientes das máquinas de injeção, representam cerca de 60% do volume ocupado em armazém. Dessa forma a sua cuidadosa gestão e medidas no sentido de se reduzir o seu stock, como a redução do tamanho de lote, resultam num grande benefício em termos operacionais, porque se poupa espaço e se reduz o *handling*.

- **Componentes Metalizados** - A generalidade dos farolins incorpora um componente, designado refletor que, como o nome indica, necessita de possuir a capacidade de refletir a luz. Para o componente possuir essa faculdade, existe um processo designado metalização, que consiste na deposição de uma camada de alumínio sobre a superfície visível das peças. Estes artigos têm algumas especificidades, nomeadamente em termos de manuseio obrigando à utilização de luvas e requerendo uma embalagem específica com propriedades anti-estáticas, antes da metalização, de forma a evitar a acumulação de partículas que afetem a deposição do alumínio.

- **Sub-Conjuntos**- Os sub-conjuntos consistem em artigos que sofrem operações de montagem prévias à montagem final. Geralmente, estes artigos ficam armazenados no piso da montagem, pelo que não são considerados para o cálculo das necessidades de espaço do armazém. Contudo, com a colocação dos supermercados na montagem, muito por causa desta tipologia de artigos, também eles tiveram que ser alvo de estudo a respeito da rotatividade, tamanho de lote e volume.

3.5.2 Quantidade e Volume do Material

A definição de embalagem desempenha um papel muito importante para assegurar a integridade do material manuseado, economizar espaço, melhorar produtividade, nos casos em que as caixas chegam ao bordo de linha, simplificar movimentações de carga, reduzir as contagens que os operadores necessitam de efetuar e a ergonomia da operação dos mesmos.

A definição de embalagem também permite saber qual o volume ocupado por cada artigo, mas aquando da realização de dimensionamento do armazém, as gamas de embalagem da maioria dos artigos estavam desatualizadas ou não existiam. Este facto criou uma dificuldade adicional ao dimensionamento, porque não existia forma precisa de se efetuar a associação entre os artigos e o seu volume e espaço ocupado em armazém.

Tendo em conta que na empresa existiam cerca de 7 150 SKU's, o problema tinha uma dimensão considerável e não podia ser resolvido de imediato, pelo que teve que se definir um método que permitisse efetuar estimativas rápidas e eficazes sobre o volume total a alocar em armazém.

Para além disso definiu-se como seria o procedimento no futuro onde se iriam utilizar quatro tipos de caixas plásticas rígidas, sobreponíveis entre si e sempre com uma das dimensões, comprimento ou largura, em comum com a caixa de tamanho inferior. Desta forma, para além de ser simples o rácio entre os seus volumes, também era possível usar apenas dois perfis de estantes dinâmicas para comportarem todas as caixas utilizadas. Assim foi possível trabalhar apenas com embalagens *standard*, que eram mais baratas, que podiam também ser utilizadas por fornecedores e com pouca variabilidade o que simplificava o abastecimento de caixas para garantir cumprimento das gamas de embalagem e a sua utilização no chão de fábrica, conforme explicitado na figura 3.4.

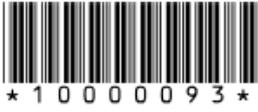
Nome	Código	Imagem
Caixa XS 150x200x120mm	 * 1 0 0 0 0 9 3 *	
Caixa S 200x300x120mm	 * 1 0 0 0 0 9 4 *	
Caixa M 300x400x170mm	 * 1 0 0 0 0 9 5 *	
BAC 600x400x120mm	 * 1 0 0 0 0 6 4 *	

Figura 3.4: Tipos de embalagens utilizados internamente

Para além das embalagens acima mencionadas, também se utilizavam, para artigos de menor rotação ou de maior volume contentores de maior dimensão. Na maioria destes casos, a utilização era devida a uma exigência do cliente ou à escassez dos restantes modelos de embalagem. Esta utilização era muito usual no passado mas, por razões ergonómicas e de aproveitamento do espaço, com a redação das novas gamas de embalagem, tem-se vindo a abandonar. Contudo, como o volume dos contentores permitia acomodar uma quantidade muito substancial de peças, entre 1 200% e 1 600% da quantidade de peças de um bac, a sua substituição teve que ser progressiva e acompanhada com a aquisição de mais caixas daquele formato.

A redução da variabilidade de soluções de embalamento levou a que, para efeitos de dimensionamento, se optasse por criar uma correspondência entre embalagens antigas e novas, de forma a determinar as necessidades de espaço em armazém. Com o objetivo de determinar fluxos no armazém e a metodologia de alimentação às linhas de injeção e de montagem, foi necessário estimar a quantidade de movimentos de cada componente por unidade de contentorização.

Com esse propósito e, atendendo a que o sistema não permitia a obtenção direta da informação, foram tratados os dados existentes que se consideravam ser os mais consistentes, que eram os registos de vendas de 2013. Esta análise consistiu em obter uma correspondência entre as vendas de produto acabado e os componentes da BOM de cada um. Dessa forma obteve-se a quantidade mínima de componentes consumidos por data, o que conjugado com o seu embalamento e quantidade por caixa tornou possível obter estimativas para os valores de caixas movimentadas em 2013, mas também calcular a

ocupação de espaço no armazém, em número de espaços de palete ocupados, conforme se pode observar na tabela 3.4 . Estes dados serviram de base de trabalho e como registo comparativo para as alterações que se pretendia implementar na empresa.

Tabela 3.3: Quantidade de artigos por tipologia genérica

Artigos Compra	Artigos Produção Interna	Artigos de Subcontratos	Produto Final Montagem	Produto Final Injeção
1212	3993	388	1150	406
17,0%	55,9%	5,4%	16,1%	5,7%

Tabela 3.4: Estimativa da ocupação de caixas e correspondente volume em Março 2014

Contentorização	Quantidade	Equivalente em Bacs	Espaços Palete Ocupados
Caixa XS	8 451	67	5
Caixa S	5 324	84	6
Caixa M	4 125	258	17
Bac	23 191	23 191	1 450
Paletes	2 114	33 824	2 114
Total	- - -	57 424	3 592

3.5.3 Rotatividade de *Stocks*

A rotatividade de stocks, ou seja o tempo de permanência de um artigo dentro de portas antes do seu consumo, é um indicador importante do funcionamento da fábrica e do trabalho de aprovisionadores, planeadores e produção. A tabela 3.5 demonstra a rotatividade por tipologia de artigo. Para se aumentar a rotatividade de stocks é necessário reduzir tamanhos de lote. Tal só é possível, a nível interno, com a implementação de medidas que simplifiquem as mudanças de versão entre os vários produtos, com a aplicação de embalamentos menores nos produtos e com um planeamento mais cuidado, de forma a garantir que se produz de acordo com as necessidades. No caso dos artigos de compra, muita vezes o tamanho de lote é determinado nos acordos comerciais, contudo é possível trabalhar em conjunto com os fornecedores, em especial os locais, para a obtenção dessa melhoria, que pode ser benéfica para ambas as partes.

3.5.4 Descrição do Fluxo Logístico

Com o propósito de compreender de forma estruturada o fluxo logístico da empresa, optou-se por efetuar o VSM a alguns produtos da empresa. A primeira etapa do VSM consistiu no registo no terreno, das etapas que os componentes percorriam ao longo do processo produtivo e do tempo necessário para a execução de cada uma dessas tarefas. Foram discriminadas as etapas de valor acrescentado, transporte, controlo e de armazenamento. O procedimento seguiu o fluxo do produto desde que este entra no armazém sob a forma de matéria-prima até que sai, sob a forma de produto acabado, para os

Tabela 3.5: Rotatividade de Artigos (ABC) por tipologia

	A	B	C
Polímeros	29	51	118
Componentes de Fixação	45	59	132
Fios	44	44	96
Cabos	25	19	13
Lâmpadas	16	7	79
Cartão	14	14	98
Colas	23	21	63
PCB's	37	43	147
Injectados	487	671	2609
Metalizados	29	27	31
Sub-conjuntos	42	82	378
Total	791	1038	3764
Produto Acabado	209	458	889

nossos clientes. Os procedimentos de valor acrescentado foram alvo de uma análise mais detalhada, tendo para isso um formulário específico.

Definiu-se que este procedimento ia ser efetuado para a família de produtos que representava maior volume de faturação para a empresa, o Europoint II. Dentro desta família de produtos selecionou-se o artigo que tendo um volume de vendas elevado, possuía também uma diversidade de funções e uma estrutura que permitisse, com o seu seguimento, obter uma perspetiva abrangente do funcionamento da empresa. O produto em causa registou, em 2013, cerca de 25 000 unidades vendidas, sendo que aquela família de produto (Europoint II) representa cerca de 8.7% da faturação total da empresa.

Através destes registos foi criado um mapa de fluxos do Europoint que ficou exposto para consulta por todos os intervenientes no processo. A este mapa de fluxos foram associados os documentos correspondentes a cada etapa. Da análise desse mapa de fluxos resultou a seguinte tabela.

3.5.5 Equipamentos de movimentação de carga

A empresa possuía um conjunto de equipamentos de movimentação de carga muito significativo. Para além dos equipamentos de operação manual, existiam nove empilhadores, a maioria contrapesados, sendo que apenas um era elétrico e por isso cumpria os requisitos para circular dentro das instalações da empresa. Para além disso, eram usados seis *stackers*, neste caso todos elétricos mas que, à semelhança dos empilhadores, tinham proveniências diferentes, eram modelos diferentes e, mais relevante, possuíam alturas de mastro e capacidades de carga distintas. Dessa forma, para além de não estarem adaptados às condições operatórias da fábrica, também requeriam maior tempo de formação e habituação, sendo que alguns não podiam ser utilizados para as tarefas pretendidas. Um bom exemplo do quão desadequados eram estes equipamentos para a operação fabril, é a existência de um *order picker*, que não podia operar dentro do armazém, porque a configuração das estantes não permitia a criação de rotas e que necessitava de corredores

Tabela 3.6: Fluxograma de Processo - pág. 1

Etapa	Descrição da Etapa	Tipo	Dist.	Tempo	Local
61	Descarga do camião com matéria-prima	Transporte	47 m		AMP
60	Aguarda controlo de qualidade	Stock		4 horas	AMP
59	Controlo de qualidade	Controlo		20 min	AMP
58	Aguarda para ser armazenado	Stock		48 horas	AMP
57	Transporte para a cabeça das estantes	Transporte	10 m		AMP
56	Aguarda entrada em estante	Stock		10 min	AMP
55	Arrumado na estante	Transporte	5 m		AMP
54	Aguarda na estante	Stock		7 semanas	AMP
53	Levantamento através da etiqueta de planeamento	Controlo		1 min	AMP
52	Transporte para a cabeça das estantes	Transporte	5m		AMP
51	Aguarda na cabeça da estante	Stock		30 min	AMP
50	Transporte para a estante das M.P.	Transporte	70 m		INJ
49	Aguarda entrada nas estufas	Stock		30 min	INJ
48	Transporte até à máquina	Transporte	16 m		INJ
47	Aguarda na octabin	Stock		10 horas	INJ
46	Estufagem	V. A.		3 horas	INJ
45	Injecção e montagem da carcaça	V. A.		105 s	INJ
44	Aguarda que o contentor esteja cheio	Stock		80 min	INJ
43	Transporte para estantes da injecção	Transporte	11 m		INJ
42	Aguarda pela entrada em stock	Stock		30 min	INJ
41	Entrada do componente em stock	Controlo		3 minutos	INJ
40	Transporte para zona de espera	Transporte	12 m		AMP
39	Aguarda na zona de espera em palete	Stock		24 horas	AMP
38	Transporte para a cabeça das estantes	Transporte	47 m		AMP
37	Aguarda entrada em estante	Stock		30 min	AMP
36	Arrumado na estante	Transporte	11 m		AMP
35	Aguarda na estante	Stock		3 semanas	AMP
34	Levantamento através da etiqueta de planeamento	Controlo		1 min	AMP
33	Transporte para a cabeça das estantes	Transporte	11 m		AMP
32	Aguarda na cabeça da estante	Stock		15 min	AMP
31	Transporte para zona de picking	Transporte	17 m		AMP

Tabela 3.7: Fluxograma de Processo - pág. 2

Etapa	Descrição da Etapa	Tipo	Dist.	Tempo	Local
30	Controlo da etiqueta de expedição para a montagem	Controlo		1 min	AMP
29	Picking para estante de carga	Transporte	7 m		AMP
28	Aguarda pelo camião de transporte	Stock		8 horas	AMP
27	Transporte até ao camião	Transporte	30 m		AMP
26	Transporte até à montagem	Transporte	320 m		Rua
25	Transporte do camião até ao cais	Transporte	5 m		MTG
24	Aguarda no exterior	Stock		8 horas	MTG
23	Transporte do cais para o interior do armazém	Transporte	43 m		MTG
22	Aguarda em stock	Stock		7 horas	MTG
21	Transporte para a linha de montagem	Transporte	25 m		MTG
20	Aguarda na linha	Stock		2 horas	MTG
19	Montagem da peça	V. A.		1 s	MTG
18	Aguarda conclusão da palete	Stock		2 horas	MTG
17	Transporte para a qualidade	Transporte	36 m		MTG
16	Aguarda controlo de qualidade	Stock		15 min	MTG
15	Controlo de qualidade	Controlo		15 min	MTG
14	Transporte para a zona de cintagem	Transporte	5 m		MTG
13	Cintagem da palete	V. A		2 min	MTG
12	Transporte para a zona de rack	Transporte	5 m		MTG
11	Aguarda transporte	Stock		2 horas	MTG
10	Emissão de guia de transporte	Controlo		2 min	MTG
9	Transporte para o camião	Transporte	25 m		MTG
8	Aguarda conclusão do carregamento do camião	Stock		15 min	MTG
7	Transporte para o A.P.A.	Transporte	5 400 m		Rua
6	Transporte para a porta do A.P.A.	Transporte	5 m		APA
5	Transporte para zona de preparação	Transporte	10 m		APA
4	Aguarda preparação	Stock		210 min	APA
3	Verificação de encomenda	Controlo		1 min	APA
2	Aguarda expedição	Stock		2 dias	APA
1	Transporte para o camião	Transporte	10 m		APA
			6 183 m	1 854 horas e 30 min	

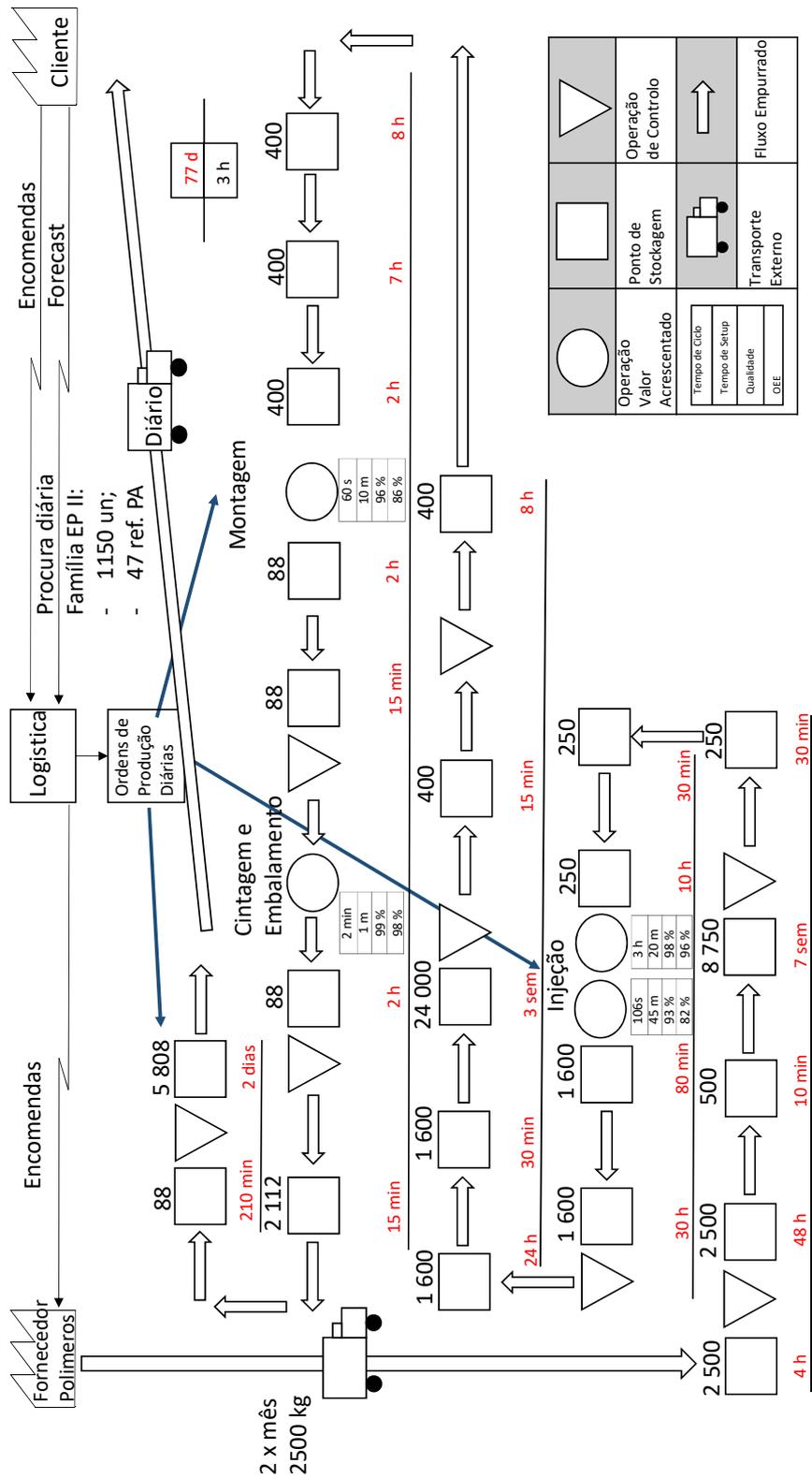


Figura 3.5: VSM processo fabricao EPII

mais largos do que os existentes na produção para ser utilizado como comboio logístico. Os elementos mais relevantes para toda a antiga operação logística, eram duas trilaterais que efectuavam todo o *picking* de material. O armazém antigo possuía uma altura considerável, cerca de 13 metros e corredores estreitos, pelo que apenas era possível efectuar a recolha do material dentro das estantes recorrendo a estes equipamentos. Isto representava um constrangimento à operação logística, pois apesar de estes equipamentos serem dos mais rápidos a efectuar este tipo de operação existiam apenas duas máquinas, pelo que a capacidade máxima de *picking* era limitada pela capacidade máxima das máquinas. O aluguer de máquinas adicionais não era uma possibilidade porque o seu transporte e instalação é complexo e demorado e porque estes são equipamentos concebidos à medida do armazém em que estão inseridos. Com requisitos de condições operatórias muito específicas, como a largura do corredor ou a altura da nave. Este tipo de limitação, em especial numa empresa que opera num mercado em que se sente a sazonalidade, não é um exemplo de eficiência. Estes condicionamentos são agravados pelo facto das trilaterais serem de duas marcas diferentes, ambas sem representação própria em Portugal, o que dificultava a existência de equipas de manutenção qualificadas e atrasava a entrega de peças de substituição. A repercussão das avarias destes equipamentos na operação logística era muito significativa pois, como na altura todo o sistema era baseado no armazenamento do material, cerca de 50% da capacidade operatória da logística era perdida apenas com a avaria de uma máquina.

Em suma existiam várias máquinas, também pela dispersão de espaços físicos de armazenamento de material, pouco adequadas ao tipo de armazenamento existente e ao conceito logístico em vigor.

3.5.6 Geração e Fluxo de Informação

Os sistemas de informação assumem cada vez mais um papel preponderante numa organização, pois contribuem para a simplificação das várias tarefas. Atente-se à situação da Aspöck aquando do início deste projeto.

Na receção de encomendas a generalidade ocorre através do procedimento EDI (Electronic Data Exchange). Não obstante, o método de carregamento das encomendas em sistema é manual e arcaico, levando muitas vezes à ocorrência de erros de registo com consequências graves na relação com o cliente.

Não existe MRP (manufacturing resource planning) na verdadeira acepção da palavra, atendendo a que assim que as encomendas são carregadas em sistema, geram necessidades indiscriminadas de todos os componentes na sua BOM, sem tomarem em consideração os *stocks* disponíveis, nem os acertos de stock que são efetuados ao longo do tempo ou as alterações da quantidade de encomenda por parte do cliente.

O planeamento é efetuado através do Excel, atendendo a que o sistema não consegue gerir a produção dos sub-conjuntos e não é eficaz a sequenciar as várias operações ao longo do tempo.

Em relação à preparação de material, a forma como estão estruturadas as árvores de produto também não permite diferenciar as necessidades de material para a produção dos sub-conjuntos das necessidades de material para a produção do produto acabado, pelo que é solicitado em simultâneo todo o material para a produção da OF, dependendo a separação sequencial do fator humano. Para além disto, existe morosidade no processo

de determinação dos lotes de material que necessita de ser separado para a produção do dia seguinte, o que gera também dúvidas no planeamento acerca da existência de material disponível para a produção.

A localização de material implicava que o material ainda não tivesse sido associado em sistema a nenhuma OF. Contudo, os operadores ao efetuarem essa mesma localização não tinham *feedback* por parte do dispositivo de localização acerca do sucesso da mesma. Estes são alguns exemplos da forma como o sistema informático condicionava de sobremaneira a operação logística e a implementação de um conceito logístico funcional e eficiente. Por esse motivo, foi sendo desenvolvido um abrangente plano de ações, por forma a debelar ou minorar os obstáculos aquilo que era pretendido. Nesse campo, a empresa tinha algumas condicionantes a alocar recursos porque existia a previsão de uma troca de sistema informático num horizonte temporal relativamente curto, de cerca de dois anos que contudo não se concretizou. Esta indefinição causou problemas à empresa, também porque em algumas auditorias era exigida maior capacidade de resposta por parte do sistema operativo e na resposta a essas auditorias, definia-se o prazo que era divulgado internamente, que posteriormente não se concretizava.

Parte II

Projeto

Capítulo 4

Implementação de Melhorias nos Processos Logísticos

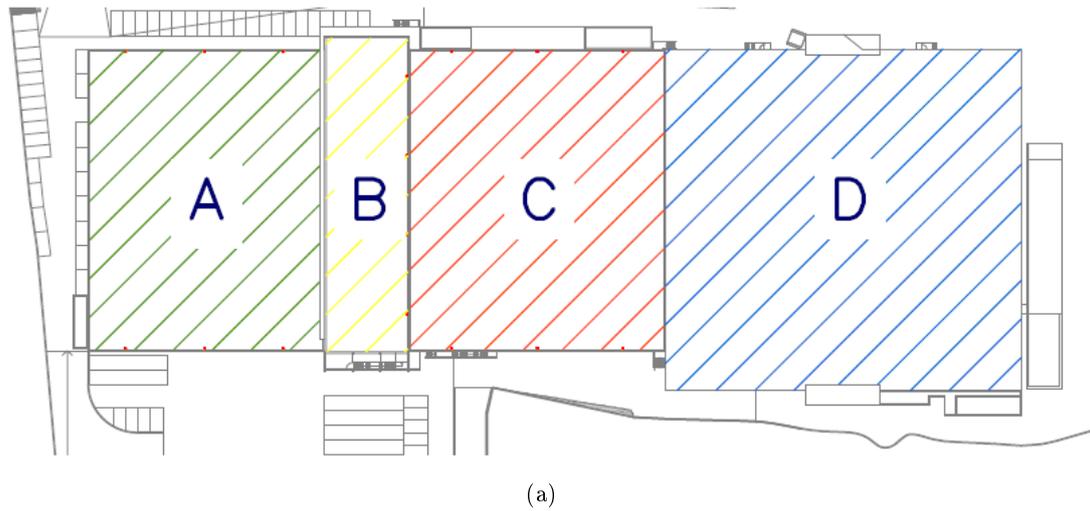
4.1 Concepção Armazém

Este capítulo apresenta a forma como se estruturou o armazém e outras áreas fabris por forma a ir de encontro aquilo que era o conceito logístico definido, tendo em consideração a informação recolhida no capítulo anterior e com vista a atingir os objetivos que também lá se encontram definidos. São abordadas as dificuldades e limitações do projeto, bem como os constrangimentos sentidos durante a execução do mesmo.

A figura 4.1 mostra a planta do edifício, bem como dois cortes transversais e permite uma melhor compreensão sobre a disposição da fábrica. O armazém encontra-se posicionado numa das extremidades do edifício e num nível inferior às restantes unidades produtivas. Ambas as situações são desfavoráveis, especialmente porque obrigam a movimentações adicionais. Como os maiores fluxos de material, em termos de volume, ocorrem da Injeção para a Montagem e a definição de fluxos diretos de material ainda não tinha ocorrido, faria sentido que para além das estruturas funcionais se encontrarem todas ao mesmo nível, o armazém se localizasse entre a Injeção e a Montagem. Dessa forma, funcionava como um entreposto e era possível evitar que os materiais fossem transportados entre os extremos da fábrica apenas para serem armazenados e posteriormente tivessem que retornar a uma zona intermédia, onde finalmente ocorre o seu consumo.

Aquando da definição do projeto logístico, já existia uma versão preliminar do projeto de arquitetura de todo o complexo industrial. O projeto de arquitetura ocupava toda a área de construção disponível para o terreno onde estava inserido, não existindo possibilidade de expansão do edifício. Estavam assignados ao armazém, que tinha como propósito o armazenamento de matérias primas e produto acabado, como é possível vislumbrar na figura 4.2, incluindo as áreas técnicas que também se pretendiam implementar nesse espaço físico, como os silos que serviam de ponto de recolha aos alimentadores do sistema automático de abastecimento de polímeros, 4 688 m². Adicionalmente existiam algumas estruturas administrativas que elevam a área do "Piso -2" do edifício para 5 100 m². Estas estruturas são visíveis na figura 4.6 da planta do edifício no "Piso -2".

Para além do armazém, o projeto da empresa incluía a conversão da nave industrial existente, com aproximadamente 5 000 m², numa área produtiva para acomodar exclu-



- A - Armazém
- B - Montagem sobreposta Armazém
- C - Montagem
- D - Injeção

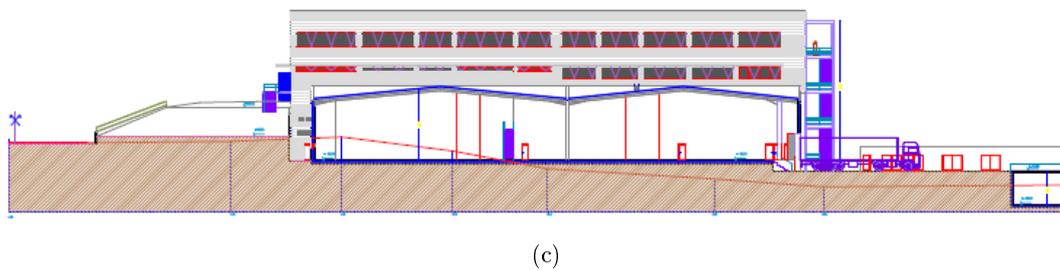
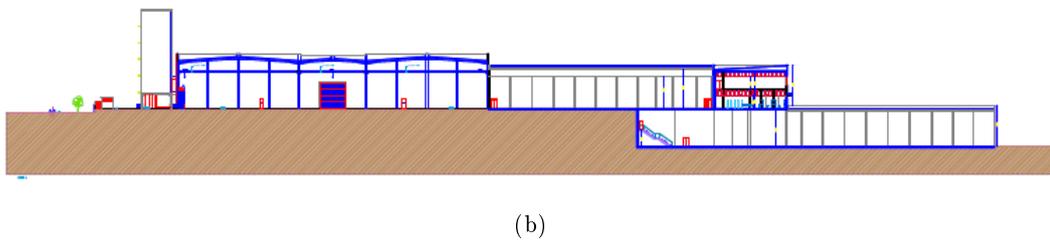


Figura 4.1: Planta da instalação fabril, com cortes de perfil

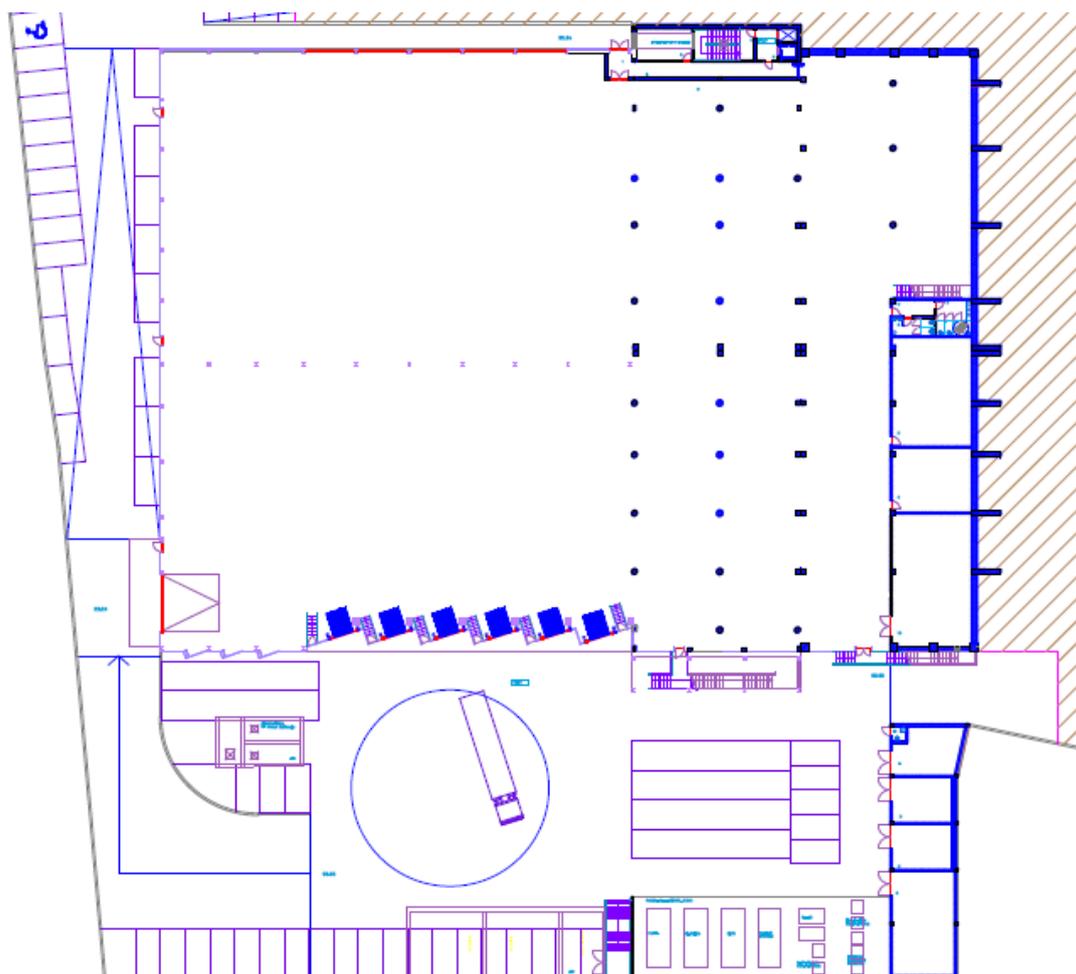


Figura 4.2: Planta do armazém, prévia à implantação das áreas e equipamentos logísticos

sivamente o parque de máquinas de injeção e metalização da empresa e a construção de uma nova nave, contígua à nave da injeção, com cerca de 3 500 m², destinada à secção de montagem, ambas no "Piso 0", a uma cota de cerca de 9 metros acima do armazém.

4.1.1 Definição Áreas Logísticas

Antes da definição da zona onde seriam colocadas as estantes, optou-se pela definição das áreas funcionais do armazém. Esta priorização advém do princípio de que ao definir-se um armazém e um fluxo de material eficientes, será possível reduzir *stocks* e movimentações de material e, dessa forma, reduzir as necessidades de espaço de armazenamento. Por esse motivo, considerou-se fundamental a definição e implementação das seguintes áreas funcionais, de forma organizada e esquematizada, algo que também representou uma alteração à metodologia habitual de trabalho da empresa, em que não era usual a delimitação de áreas não produtivas com propósitos específicos:

- **Área de Recepção de material** - ver figura 4.3 a) - Local onde é colocado o material após descarga do veículo dos fornecedores, para que seja efetuada a etiquetagem e controlo de qualidade, quando necessário. Optou-se por colocar em cada área de receção vinte paletes porque esse número permite agrupar dois fornecedores quando recorrem a veículos pequenos para efetuar as entregas ou agrupar duas áreas, no caso dos fornecedores necessitarem de entregar grandes quantidades de material. A disposição do material simplifica a operação de controlo de qualidade e de etiquetagem do material, pois permite o acesso a todas as paletes sem necessidade adicional de movimentação. A redefinição das janelas de descarga dos fornecedores, implementada pelo responsável operacional do armazém, foi muito relevante para balancear o fluxo de material rececionado, permitindo uma maior fluidez, menos tempos de espera e um controlo de qualidade mais efetivo sobre o material.

- **Área de Expedição de material** - ver figura 4.3 b) Zona de preparação de encomendas, onde se dispõe e verifica a informação sobre o material a expedir de acordo com as encomendas do cliente. Anteriormente era também aí efetuado o controlo final do material, mas optou-se pela transição do Controlo Final para a Produção, o que permitiu um fluxo de expedição mais rápido e direto. A opção pela área com doze paletes, deve-se à dimensão média das expedições efetuadas para clientes que não a Aspöck, que recorrem frequentemente a grupagens. Nas expedições para a Aspöck, apesar das expedições totalizarem habitualmente perto de 66 paletes de material, como o material flui diretamente para o camião não se coloca o problema de falta de espaço de preparação. A definição de duas áreas, estando uma atribuída em exclusividade ao cliente Aspöck e servindo a outra para as cargas para os restantes clientes, permite versatilidade e uma operação compacta.

- **Área de Preparação de material para subcontratos** Zona onde é agrupado o material que vai ser cedido aos subcontratos. Com configuração semelhante à área de expedição, porque o método de operação é semelhante. Apenas é necessária uma destas áreas, porque os transportes para subcontratos também estão restritos a uma janela temporal que permite o seu nivelamento.

- **Área de rejeitados** Como a receção do material é efetuada no armazém é necessária a existência de um espaço que permita a segregação do material não conforme, por

problemas técnicos ou por discrepância de quantidades em relação ao documento de transporte.

- **Área de carga de baterias** Fundamental para garantir a operacionalidade das baterias dos equipamentos de movimentação de carga, de forma organizada, segura e eficiente. Nesta área, foi necessário garantir junto da empresa de construção, a impermeabilização do piso, tendo em conta os possíveis derrames do ácido das baterias, a instalação de equipamentos de exaustão dos gases libertados durante o processo de carga e que a instalação elétrica é compatível com as normas para estes equipamentos, seja em termos de potência, seja porque possui dispositivos que permitam cortar o fluxo de eletricidade para os carregadores de forma rápida e segura. Complementarmente foi necessário criar uma área onde se pudesse efetuar o reabastecimento de água destilada às baterias.

- **Área de alimentação do sistema automático de abastecimento de polímeros** A alimentação dos polímeros às estufas e posteriormente às máquinas de injeção é garantida por um sistema de vácuo que efetua esta ligação de forma automática. Neste processo apenas é necessária a intervenção dos operadores para três tarefas. A colocação dos vários tipos de polímeros utilizados na produção nos silos onde serão capturados pelo sistema. A definição num software específico da ligação entre o silo ou silos e as máquinas de injeção e ainda a definição e controlo da humidade, temperatura e tempo de estufagem específico para cada material. Tudo o resto é controlado pelo sistema, que também despoleta um alerta sempre que não existe mais matéria prima no silo correspondente.

- **Rampa de acesso ao piso da montagem** Atendendo a que existe um desnível de aproximadamente 9 metros entre o piso onde se localiza a montagem e o piso do armazém, é necessário encontrar uma forma de vencer esse desnível e garantir que o material é entregue no "Piso 0", seja para consumo na Injeção ou Montagem e que os produtos originários das linhas dessas secções retornam ao armazém. Para esse fim, a primeira solução esboçada passava pela construção de uma rampa que seria utilizada para movimentar o material através dos comboios logísticos. A sua construção, na parede oposta aquela em que se localizam os cais, era a solução que permitia uma rampa mais longa de forma a minimizar a pendente da rampa. Ainda assim, a rampa possuía pelo menos 10° de inclinação e uma largura de 2,4 metros, de forma a permitir a circulação de comboios em ambos os sentidos.

- **Cais de Carga e Descarga de mercadorias** Às áreas de carga e descarga estão associados seis cais, que servem de interface entre os veículos que transportam mercadoria e o armazém, e que foram definidos de acordo com a tipologia dos veículos que eram utilizados com maior frequência. Dessa forma, optou-se pela aquisição de quatro cais com tipologia standard permitindo a operação com camiões convencionais, de um cais de menor envergadura e com um lábio segmentado que permite a operação com veículos ligeiros de mercadorias, sendo utilizado preferencialmente para a operação de fornecedores locais que trabalham com cargas e veículos de menor dimensão e, por fim, um cais com lábio telescópico que permite ao cais um maior avanço e dessa forma torna-o compatível com os contentores marítimos.

Dessa forma, ficaram adstritos três cais, incluindo o de lábio segmentado, para a receção de material, dois cais, incluindo o de lábio telescópico, para a expedição e um, situado numa posição central que podia ser utilizado para ambos os propósitos, dependendo da ocupação a que estivessem sujeitos os restantes.

A definição correta dos cais, implicou a correção de alguns erros de projeto, como o

desnível dos cais em relação ao pavimento exterior que impedia a descarga de veículos de menor envergadura. Foi ainda corrigido o posicionamento dos cais pois, de acordo com o projeto inicial, o posicionamento dos mesmos provocava a colisão dos veículos que atracassem no cais mais próximo das escadas de emergência com um dos pilares dessas escadas.

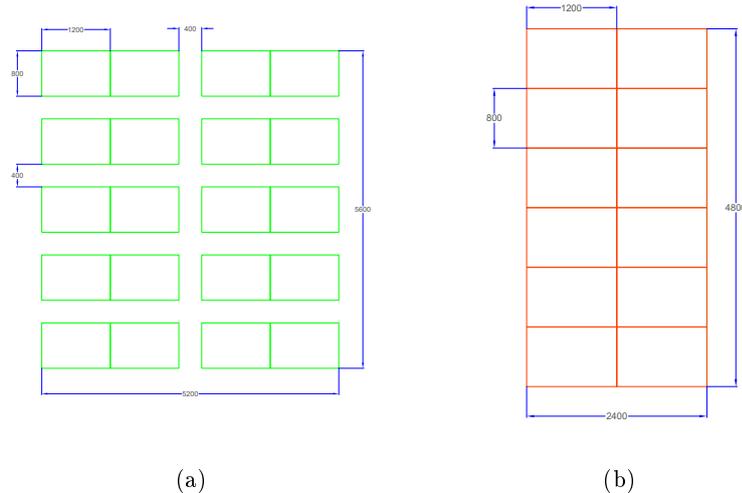


Figura 4.3: Esquema das áreas de receção (a) e expedição(b), demonstrando a disposição de paletes aplicada

Tabela 4.1: Resumo das áreas implantadas no armazém

Tipo	Quantidade	Área	Área Total*
A Receção de Material	2	29,1 m ²	97,9 m ²
B Expedição de Material	2	11,5 m ²	51,2 m ²
C Preparação de subcontratos	1	11,5 m ²	25,6 m ²
D Rejeitados	1	30,0 m ²	37,2 m ²
E Carregamento de Baterias	1	25,3 m ²	36,1 m ²
F Abastecimento de Polímeros	40	4,0 m ²	246,4 m ²
G Rampa acesso "Piso 0"	1	196,0 m ²	204,4 m ²
H Zona de Estantes	1	2200 m ²	2 200,0 m ²

* Incluindo os corredores de circulação

4.1.2 Disposição e Capacidade das Estantes

De acordo com as estimativas efetuadas pelo autor, com o apoio do diretor logístico, aquando do dimensionamento, eram necessários aproximadamente 3 600 espaços de palete para comportar o material existente na empresa em Março de 2014. Por espaço de palete entende-se o espaço para movimentar e armazenar uma Europaleta com 1 200 x 800 mm e com material até aos 1 430 mm de altura. Esta altura corresponde à dimensão da

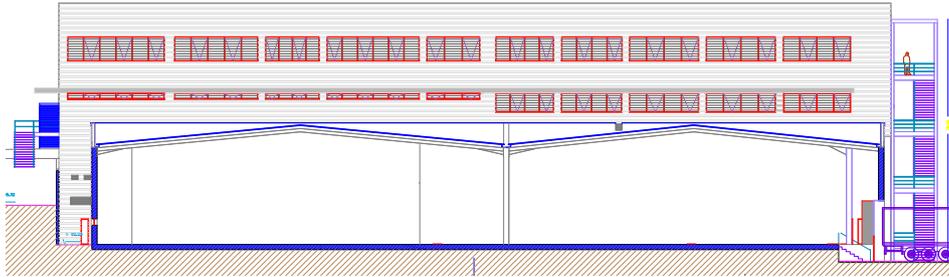


Figura 4.4: Vista de perfil do armazém

palete, a que se somam 4 bacs sobrepostos, comportando no total 16 bacs ou os múltiplos correspondentes de caixas mais pequenas.

Optou-se por esta configuração tendo em conta aspetos ergonómicos, sendo que a altura e o peso das paletes foram escolhidos de forma a simplificar o *handling* do material pelos operadores e a cumprir o peso por caixa limitado por lei, mas também para se garantir que todo o sistema de transporte e armazenamento, nomeadamente estantes e equipamentos de movimentação de carga e monta-cargas eram compatíveis entre si. Com esta disposição pretendia-se obter uma configuração que permitisse maximizar o proveito retirado de todos estes equipamentos, sem constituir uma limitação à operação de qualquer um deles. Esta tornou-se a configuração de palete padrão da empresa e permitiu, após negociação com fornecedores, em especial os fornecedores locais, que as entregas de material ocorressem nesse formato, de forma a permitir a sua localização e, nalguns casos, envio para a produção sem necessidade de ocorrer movimentação individual das caixas contidas na paleta. Dessa forma, o *handling* deste material é efetuado através dos equipamentos de movimentação de carga, apenas por um operador, o que torna todo o processo mais simples e rápido. Com esse propósito definiu-se, para artigos de maior volume e rotação, o tamanho de lote de forma a constituir um múltiplo da quantidade de material contida numa paleta.

Na figura 4.4, que mostra uma vista de perfil da nave do armazém, é possível verificar a configuração da cobertura de pórtico duplo com escora central, sendo a sua altura mínima livre (pé-direito) de sete metros. Esta configuração acaba por limitar a altura das estantes, equipamentos que geralmente possuem altura uniforme para garantir estabilidade estrutural e compatibilidade com os equipamentos de movimentação de carga, à

altura mínima da secção onde estão inseridas, especialmente pelo facto de a mesma se encontrar justamente no centro do armazém. Ao efetuar-se este nivelamento, todo o espaço comportado entre a secção inferior e a superior da cobertura do armazém fica inutilizado. Para além disso, a opção por escora central não é comum em pavilhões deste género e é uma limitação considerável à implantação de estantes e movimentação de equipamentos de carga.

Para além disso, ao efetuar-se um *benchmark* em armazéns de dimensão semelhante, em empresas do sector automóvel em Portugal e na generalidade das empresas europeias ou, simplesmente através da análise de catálogos de equipamentos de movimentação de carga, em que as máquinas mais comuns estão equipadas com mastros de 10 metros, verifica-se que a aposta é no armazenamento em altura, com as secções mais baixas dos armazéns a registarem habitualmente um mínimo de 9 metros de altura. É também usual a utilização de perfis de suporte de cobertura diferentes, como o Pórtico Simples Treliçado para vãos que, como no caso em análise, atingem os 60 metros, de forma a evitar a existência de pilares centrais de suporte da estrutura.

Esta foi uma das limitações detetadas no projeto de arquitetura e que, por constrangimentos de índole financeira e temporal, não foi possível corrigir. O aumento da altura do pavilhão era exequível, até porque a laje do "Piso 0" se encontra precisamente a uma cota de 9 metros acima da do "Piso -2", pelo que a cobertura do armazém poderia ser definida como um prolongamento da mesma e com um perfil de suporte diferente.

Para armazenamento até 7 metros, com a configuração de palete utilizada na Aspöck, o recomendado pelos fornecedores, quer de estantes, quer de equipamentos de movimentação de carga, era armazenamento a três níveis de altura. Essa seria a configuração que permitia uma manobra mais folgada aos operadores dos equipamentos de movimentação de carga e maior rapidez em toda a operação. Contudo, era possível atingir-se o armazenamento em quatro níveis de altura, sem colocar em causa questões de segurança. Esta solução permitia atenuar o impacto causado na capacidade de armazenagem, pela reduzida altura do armazém e representava um aumento na ordem dos 30 % em relação ao armazenamento a três níveis, pelo que foi essa a opção tomada.

Para a colocação de estantes, dos 4 688 m² de área operacional, após a definição das restantes áreas operacionais, restavam cerca de 3 950 m². Contudo, como a área necessita de ser geometricamente regular, a área onde era possível alocar estantes era menor.

É possível verificar na figura 4.2, para além da existência da escora que suporta a cobertura do armazém, a existência de mais três linhas de pilares transversais que tinham como finalidade suportar a parte da estrutura do "Piso 0" que se sobrepõe ao armazém. A existência, o posicionamento e a dimensão desta quantidade de pilares em plena zona operacional causou inúmeras complicações quer à alocação dos elementos projetados, quer à operação que ocorre no espaço. Trabalhou-se em conjunto com a equipa de arquitetura, em soluções com o propósito da redução do número de pilares ou até na alteração do posicionamento dos mesmos para uma zona mais periférica do armazém. Contudo, numa fase tão avançada do projeto de arquitetura e com os prazos de entrada em obra a vencerem em breve, a complexidade das alterações solicitadas, bem como o facto de já se encontrarem alguns elementos adjudicados, inviabilizou alterações a esse respeito.

Os pilares, para além de dificultarem a colocação das estantes, obrigando a variar a dimensão dos corredores para tentar reduzir a perturbação causada na operação dos equipamentos de movimentação de carga, também impedem a utilização de alguns espaços de palete.

Com o propósito de se restringir o impacto dos pilares, definiu-se que as estantes ficariam circunscritas à primeira das secções de pilares transversais, sendo que a disposição das estantes e corredores deveria ser efetuada de forma a acomodar em corredores mais largos a secção central de pilares. Com isto, a área disponível para a colocação de estantes era de aproximadamente 2 200 m².

Nesta fase era necessário estimar a quantidade de paletes que era possível armazenar e se essa quantidade correspondia às necessidades previamente calculadas. Para isso, efetuaram-se três simulações da alocação do espaço, considerando o tipo de empilhador que iria ser usado. A escolha do empilhador iria ter grande influência na determinação da largura de corredor. Por se tratar de um armazém em que seria implementado um modelo de estanteria dupla, o corredor de circulação de máquinas iria ter grande influência na capacidade do armazém. A tabela 4.2 é elucidativa desse impacto:

Tabela 4.2: Quantidade de paletes em função do tipo de empilhador utilizado

	Empilhador Rotativo	Empilhador Retráctil	Empilhador Convencional
Largura do corredor	1,8 m	2,8 m	3,8 m
Área (Alvéolos + Corredor)	11,9 m ²	14,6 m ²	17,3 m ²
Área p/ Pallet (c/ corredor)	2,0 m ²	2,5 m ²	2,9 m ²
Capacidade paletes no chão	1 100	880	758
Capacidade total de paletes	4 400	3 520	3 032

Um alvéolo é o espaço entre os pilares da estante. Neste caso, optou-se pelo modelo que é padrão na europa e para o qual os fornecedores nacionais estão especializados, ou seja, alvéolos com espaço para comportarem 3 Europaletes, correspondendo a 2,7 metros de largura. Na empresa, a generalidade dos alvéolos utilizados anteriormente media 3 metros de largura, comportando o mesmo número de paletes. Este facto acabou por representar um factor a favor da substituição integral do material de armazenagem. O cálculo da área de alvéolos juntamente com corredor resulta da opção por estanteria dupla. Desta forma o mesmo corredor de circulação permite o acesso a dois alvéolos, de lados opostos do corredor. Da tabela é possível concluir que apenas com corredores de 1,8 metros e utilizando empilhadores rotativos é possível alocar uma quantidade de paletes que satisfaça o valor estimado anteriormente, deixando uma margem confortável (20%) para a expansão da operação da empresa. Contudo, esta solução apresenta três limitações significativas:

- Maior custo motivado não apenas pelo maior preço das máquinas, mas também porque o piso teria que ser redimensionado para suportar cargas maiores, atendendo a que o número de paletes por metro quadrado seria superior. Para além disso, como estes equipamentos são relativamente recentes no mercado nacional e porque são máquinas mais especializadas, ainda existe pouca oferta no mercado nacional de aluguer, o que dificultaria o acesso a máquinas através deste método, no caso de ocorrer um incremento súbito na produção ou uma avaria de longa duração que justificasse a necessidade de de equipamentos adicionais.
- Necessidade de recorrer a operadores mais especializados e por isso mais escassos, com remunerações mais elevadas e com necessidades de formação adicionais. Em alternativa, podia avançar-se com a realização de formações internas, mas isso representava um con-

sumo adicional de tempo, para além de acarretar custos.

- Impossibilidade de efetuar a operação de *picking* com dois comboios logísticos em simultâneo, atendendo a que em corredores de 1,8 metros, não era possível o cruzamento de duas máquinas. Também a operação de *picking*, tendo em consideração que os valores *standard* para a dimensão das carruagens apontavam para larguras de 860 mm de forma a ser possível acomodar uma Europaleta, ficava dificultada atendendo a que não restava muito espaço ao operador para efetuar o *picking* de ambos os lados da carruagem, conforme se pretende.

Além das contrariedades em relação ao empilhador rotativo supramencionado, o objetivo de se concretizar uma redução substancial do inventário da empresa também permitiu que a opção pelo uso no interior do armazém de empilhadores retráteis ganhasse consistência.

As diretrizes às várias equipas do departamento envolvidas no processo foram as seguintes:

- Definição de embalagens e tamanhos de lote menores, bem como entregas mais frequentes por parte de fornecedores. Estas medidas tinham como objetivo assegurar uma melhor ocupação do espaço, tendo em consideração a existência de muitas caixas de grande volume preenchidas apenas parcialmente.

- Estudo sobre a obsolescência e avaliação da deterioração do material. Detetou-se a existência de bastante material resultante de operações de compra em larga escala que não apresentava perspectivas de consumo significativo por um longo período de tempo, pelo que se optou pela sua eliminação total ou parcial. Para além disso, constatou-se que existia material que apresentava sinais evidentes que as suas características técnicas tinham sido afetadas ao longo do tempo e que por isso não apresentava garantias de cumprir os critérios de qualidade estabelecidos, pelo que se envolveu o departamento de Qualidade para avaliar possibilidade de se sucatar esse material. Estas medidas permitiram a libertação de um volume considerável de material, que para além de representar a ocupação de espaço desnecessária, teria que ser movimentado para as instalações temporárias e posteriormente para as instalações definitivas.

- Introdução de expedições diretas para os principais clientes e de preparação de expedições através de *cross-docking*, de forma a reduzir muito substancialmente o Produto Acabado localizado em estante. O pleno potencial desta medida verificou-se com a transição para as novas instalações, em que existiam áreas demarcadas de expedição, que potenciavam a implementação da mesma.

- Recurso à subcontratação da produção de artigos que não fazem parte do *core business* da empresa e com menor valor acrescentado. Desta forma, para além de se libertar capacidade produtiva, também se reduzem os stocks e as movimentações internas. Na implementação desta medida tentou-se acordar a entrega por parte dos fornecedores diretamente nas empresas subcontratadas, reduzindo dessa forma a quantidade de material a armazenar e eliminando operações de *handling* deste material.

As medidas tiveram uma eficácia bastante acentuada, porque as várias equipas envolvidas no processo, compreenderam a necessidade e inevitabilidade que constituía a meta da redução de espaço ocupado pelo inventário.

Por outro lado, a empresa antecipava um período de crescimento acentuado, que acabou por se concretizar com um crescimento da faturação entre os 10 e os 20% ao ano durante o triénio 2014-2016, pelo que era necessário também acautelar o aumento de *stock* que

esse crescimento iria gerar. Para além disso, existiam medidas de fundo, essencialmente relacionadas com a introdução de metodologias que permitissem reduzir os lotes de produção, cuja implementação integral previa-se que durasse entre 3 a 5 anos a concretizar. Importa realçar que apesar dos componentes internos representarem 20 a 30% do valor do stock da empresa, representam mais de 60% do volume ocupado em armazém. Isto é causado essencialmente por dois motivos, o primeiro relacionado com a maior tonelagem das máquinas de injeção da empresa, comparativamente a fornecedores, o que permite trabalhar com moldes e peças de maior dimensão e também com a inexistência de trabalho visando a redução dos tamanhos de lote da injeção.

Por esse motivo, tiveram que ser exploradas alternativas de forma a aumentar o espaço de armazenagem, garantindo maior capacidade de armazenamento de paletes no armazém. Começou-se pela substituição da rampa de acesso ao "Piso 0" por um monta-cargas. Para além da economia de espaço, atendendo a que a operação do monta-cargas é essencialmente vertical, esta alteração ganhou consistência através da consideração de três fatores adicionais.

A falta de versatilidade que o sistema da rampa permite, pois todo o fluxo de material entre os pisos estaria dependente dos comboios logísticos, que estão restritos a transportar material acondicionado em paletes. Apesar da generalidade dos materiais obedecerem a este critério, existe, por exemplo, a necessidade de transportar equipamentos de limpeza industrial entre um piso e outro, que não obedecem a esta conformação ou ainda alguns polímeros para máquinas de injeção muito específicas, que são carregados para silos amovíveis no armazém e que necessitam de ser enviados para a área de injeção, o que através da rampa seria impossível de concretizar.

A inclinação da rampa, que ronda os 10 °, iria obrigar os tratores do comboio logístico a estarem constantemente sob esforço, pois é bastante acentuada. Este esforço iria causar um consumo de bateria superior e uma velocidade de deslocamento inferior e, desse modo, colocar em risco o abastecimento de material ao piso superior.

Por último, e porque para além de os comboios serem um equipamento novo na fábrica, também não foram encontrados exemplos de comboios a operarem em rampas tão extensas no *benchmarking* que foi efetuado no sector industrial nacional, existiam questões de segurança que não poderiam ser devidamente acauteladas, porque não existia *know how* sobre esta especificidade nem tempo para se efetuarem todos os testes necessários de validação de conceito.

Os monta-cargas ficaram posicionados na zona defronte dos escritórios e a sua inclusão permitiu a supressão da rampa. Esta alteração permitiu a expansão da zona de estantes, que acabou por também ser prolongada até à segunda linha de pilares, conforme evidenciado na figura 4.16, onde também é visível a implantação dos monta-cargas.

Com esta alteração e após o ensaio de inúmeras disposições de estantes, acabou por se optar pela disposição evidenciada na figura 4.16 e cuja memória descritiva é a seguinte:

"A estanteria e sua disposição foram dimensionadas em conformidade com as normativas em vigor, conforme a classe 400 (empilhador contrapesado de mastro retráctil). Todos os pilares são protegidos com protetores de pilar e os bastidores em corredores de transferência com protetores de bastidor. Nas linhas de entrada simples com passagem

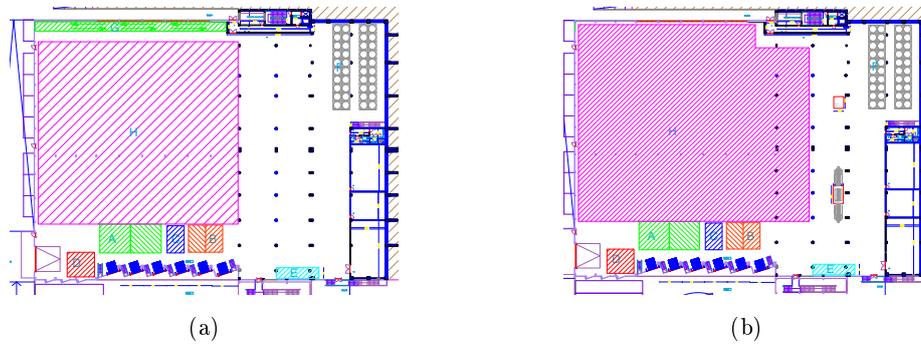


Figura 4.5: Planta do armazém com a incorporação de áreas funcionais e expansão de área de estantes

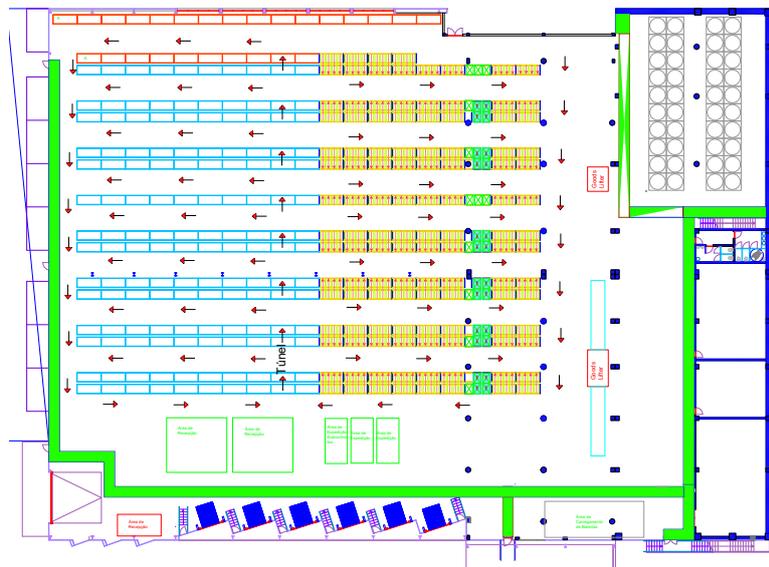


Figura 4.6: Planta Armazém com implantação de áreas de *picking* e armazenagem

pedonal por de trás nos níveis elevados são incluídos batentes de palete."

Ficaram assim incluídas: "6 linhas de estanteria de entrada dupla (1 a 4, 6 e 7), projetadas para armazenagem em altura de carga paletizada, composta por 9 módulos longitudinais de 2 700mm, com 3 níveis de carga paletizada em altura mais solo, 1 módulo de 2 700mm, com 2 níveis de carga paletizada em altura e túnel de passagem, 7 módulos longitudinais de 2 700mm, com 3 níveis de carga paletizada em altura e 3 níveis de carga manual dinâmica por gravidade, 1 módulo de 2 700/1 850 mm com 3 níveis de carga paletizada em altura mais dinâmico no solo e 1 módulo longitudinal de 2 700mm, com 3 níveis de carga paletizada em altura e 5 níveis de carga manual dinâmica por gravidade.

1 linha de estanteria de entrada simples (5), projetada para armazenagem em altura de carga paletizada, composta por 9 módulos longitudinais de 2 700mm, com 3 níveis de carga paletizada em altura mais solo, 1 módulo de 2 700mm, com 2 níveis de carga paletizada em altura e túnel de passagem, 8 módulos longitudinais de 2 700mm, com 3 níveis de carga paletizada em altura e 3 níveis de carga manual dinâmica por gravidade e 1 módulo longitudinal de 2 700mm, com 3 níveis de carga paletizada em altura e 5 níveis de carga manual dinâmica por gravidade.

1 linha de estanteria de entrada dupla (8), projetada para armazenagem em altura de carga paletizada, num dos lados composta por 9 módulos longitudinais de 2 700mm, com 3 níveis de carga paletizada em altura mais solo, 1 módulo de 2 700mm, com 2 níveis de carga paletizada em altura e túnel de passagem, 8 módulos longitudinais de 2 700mm, com 3 níveis de carga paletizada em altura e 3 níveis de carga manual dinâmica por gravidade, por 1 módulo longitudinal de 2 700mm, com 3 níveis de carga paletizada em altura e 5 níveis de carga manual dinâmica por gravidade, e composta do lado oposto (8A) por 9 módulos longitudinais de 2 700mm, com 2 níveis de carga paletizada em altura mais solo, 1 módulo de 2 700mm, com 2 níveis de carga paletizada em altura e túnel de passagem, 4 módulos longitudinais de 2 700mm, com 3 níveis de carga paletizada em altura e 3 níveis de carga manual dinâmica por gravidade.

1 linha de estanteria de entrada simples (9), projetada para armazenagem em altura de carga paletizada, composta por 16 módulos longitudinais de 2 700mm, com 2 níveis de carga paletizada em altura mais solo, conforme desenho da figura 4.16. A implantação foi definida com um corredor de trabalho de 3 000mm, ficando os topos das linhas de estanteria protegidos com protectores de bastidores. Os túneis de transferência estão protegidos com protetores de bastidor."

Atentando na figura 4.16 e na memória descritiva complementar, é possível registrar alguns pormenores de projeto que foram relevantes em termos operacionais. Verifica-se, entre outras coisas, que em alguns casos se recorreu a estanteria de entrada simples. Esta solução deve-se à necessidade de conjugar o *layout* em função do posicionamento dos pilares do armazém e ocorreu de forma a preencher um espaço que, de outra forma, seria desaproveitado.

Para além disso, importa destacar as linhas "8A" e "9", pois foram concebidas para o armazenamento de paletes contendo polímeros. Estas paletes têm algumas especificidades, nomeadamente o maior peso em relação às restantes, podendo atingir os 1250 kg, sendo

nesse caso colocadas apenas duas paletes por alvéolo e a altura que, no caso mais extremo das *octabins*, podem atingir os 2 metros. Por esses motivos, as vigas estão desenhadas para suportar 3 000 kg por alvéolo, permitindo uma margem de segurança e, existem apenas três níveis de paletes, cada um possuindo uma altura útil de aproximadamente 2,20 metros. De realçar que o posicionamento destas estantes permite que o abastecimento aos silos de distribuição de polímeros seja concentrado num corredor específico, localizado precisamente junto a esses silos, sendo desta forma possível reduzir as deslocamentos de material. Isto é particularmente benéfico se se considerar que este material é mais pesado que a generalidade do material que circula no armazém e por isso a sua movimentação acarreta mais riscos e que são frequentes as ruturas nas embalagens deste material, pelo que também se minimizam as contaminações e a sua disseminação.

De realçar a existência de um túnel central, para facilitar a movimentação dos equipamentos de movimentação de carga e, que foi concebido, para otimizar as rotas dos Mizus, conforme se encontra detalhado na subsecção 4.1.7. Por ser transversal à zona de estantes, possuir um posicionamento central e possuindo ligação a todos os corredores de armazenamento, este túnel permite que o material que se encontre nas zonas de receção possa ser localizado imediatamente, pois permite um fluxo direto do mesmo para as estantes. Inicialmente, pretendia-se que na zona do corredor central não existissem estantes, criando-se dessa forma um amplo corredor de circulação. Contudo devido à necessidade de se criarem mais espaços de armazenagem, a definição do túnel foi a solução de compromisso encontrada, atendendo a que permitia a circulação dos equipamentos de movimentação de carga definidos e ainda a criação de alguns espaços adicionais de armazenagem, o que permitiu incrementar a capacidade do armazém em perto de 90 paletes. Estes espaços eram usados para material de muito baixa rotação, tendo em conta que a sua utilização frequente condicionaria a fluidez dos equipamentos de carga pelo armazém. É ainda possível constatar a inclusão de armazenagem dinâmica no primeiro nível da generalidade das estantes localizadas entre o túnel e a área dos escritórios. Esta disposição encontra-se relacionada com dois fatores, a colocação de material de maior rotação mais próximo do monta-cargas e conseqüentemente mais próximo do local onde ocorre o seu consumo, o que permite reduzir as deslocamentos deste material, e porque assim foi possível restringir os percursos dos Mizus no armazém a uma área específica.

Para separação e sustentação dos vários níveis de carga acima do solo foram equacionadas várias opções. A opção de não se utilizar material nenhum, ficando as estantes suportadas pelas vigas, como é comum no centro da Europa e utilizado pela fábrica mãe, provou-se inviável pois as paletes usadas em Portugal eram demasiado frágeis e essa opção colocava em risco a segurança da operação.

A opção por uma grelha com rede metálica foi também considerada. Apesar de cumprir os requisitos em termos de distribuição de carga e resistência estrutural, não evitava a queda de lixo e partículas e era muito dispendiosa, pelo que também não foi a opção selecionada.

Por fim, a opção por painéis de aglomerado com reforços metálicos acabou por ser selecionada, pois garantia a sustentação da carga, evitava a queda de lixo e partículas, a um custo muito inferior ao da opção metálica. Esta solução apresenta contudo o problema da degradação e deterioração a médio-longo prazo, necessitando de ser avaliada periodicamente.

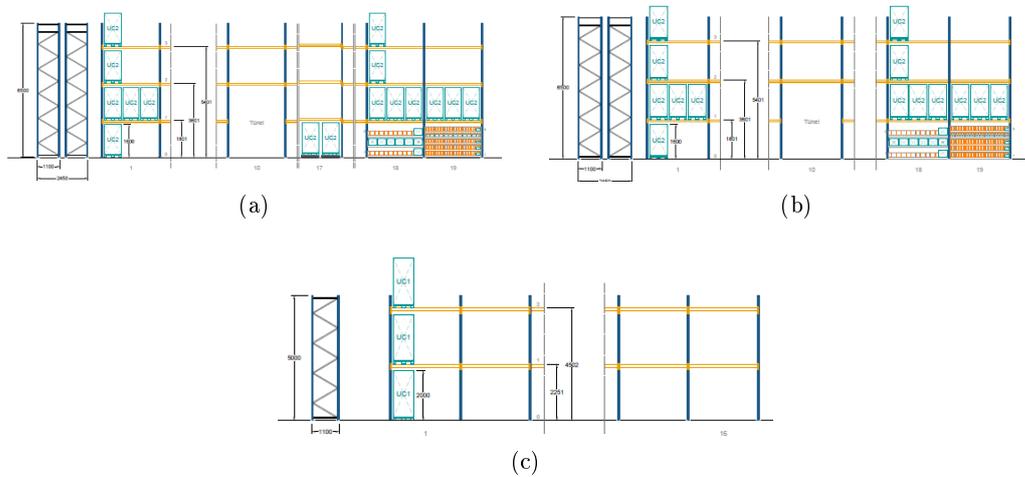


Figura 4.7: Configurações de estantes utilizadas

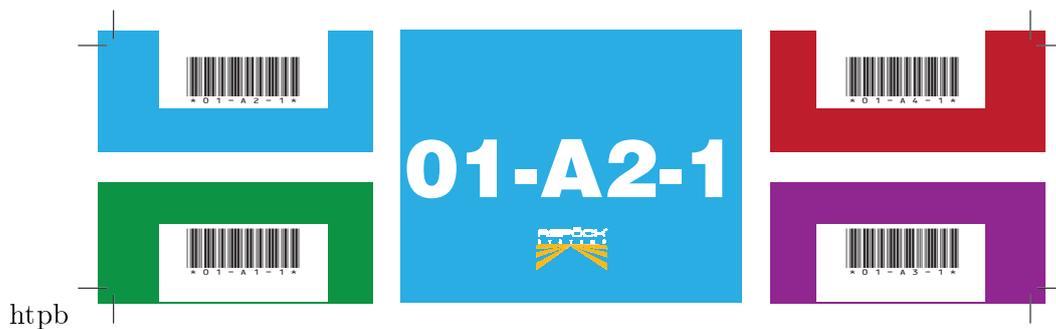


Figura 4.8: Placa magnética para identificação das posições de palete

Ainda no que diz respeito às características técnicas das estantes, o modelo de viga escolhido, IPN, é pouco usual no mercado português. Esta escolha deveu-se primordialmente à visão que os responsáveis austríacos da empresa possuíam sobre a segurança em armazéns, pois a viga IPN tem maior resistência a colisões, seguindo a escolha o padrão do centro da Europa.

Para além disso, optou-se pela colocação de protetores de pilar e de bastidor, o que assegura maior segurança e maior durabilidade dos equipamentos, especialmente num contexto de introdução de equipamentos de movimentação de carga novos e pequenos espaços de manobra.

Para identificação das posições de palete optou-se por placas magnéticas representadas na figura 4.8, com a menção ao espaço de palete específico e com código de barras compatível com o terminal de leitura ótico.

4.1.3 Armazenamento Dinâmico

Conforme é possível verificar pela figura 4.16, o layout do armazém foi definido de forma a garantir uma confluência do armazenamento dinâmico, ou seja, os *racks* dinâmicos de duas estantes de entrada dupla consecutivas, estão orientados para o mesmo

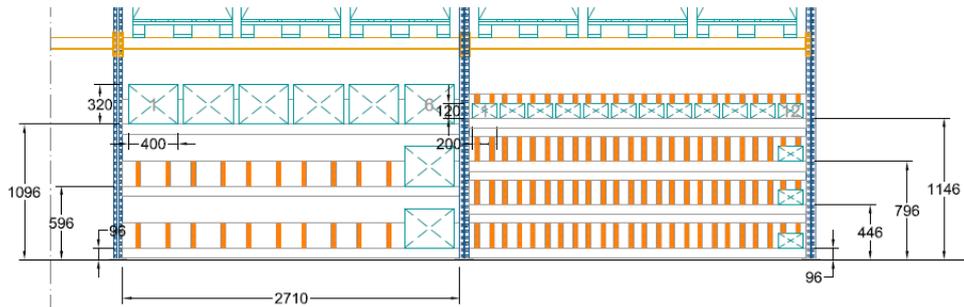


Figura 4.9: Vista de frente das duas configurações de racks dinâmicos aplicadas no armazém

corredor. Isto permite que apenas numa passagem de Mizu, se efetue a recolha de material das estantes de ambos os lados e permite também que os empilhadores de reposição de material possam operar em simultâneo e sem risco de colisão, pois os corredores de reposição de material diferem dos de *picking*, estando intercalados.

Na figura 4.9 é visível que foram usadas duas configurações de *racks* dinâmicos, de forma a comportar os quatro tipos de embalagens mais comuns. Os *racks* para as caixas mais pequenas, com formato s e xs, foram colocados junto ao extremo das estantes próximos do monta-cargas. Isto porque para além de comportarem mais referências, também acomodam geralmente material de maior rotação. Desta forma, caso existam indicações para se efetuar o *picking* desse material, o acesso ao mesmo é simples e rápido.

Tabela 4.3: Capacidade total da área de estantes

Unidade de contentorização	Capacidade Un.	SKU's
Palete 1000 kg	180	180
Palete 600 kg	2 778	2 778
Bacs ³	3 744 ¹	936
Caixas M ³	7 488 ¹	
Caixas S ³	3 240 ²	
Caixas XS ³	6 480 ²	360

^{1,2} Considerando alocação integral à unidade de contentorização

³ em armazenamento dinâmico

A tabela 4.3, demonstra que esta solução permite dispor uma quantidade assinalável de SKU, inclusivamente acima do necessário para acomodar todos os componentes considerados de elevada rotação, referências de classe A, na análise anterior. Isto permite a utilização, para artigos de maior volume ou rotatividade de vários *racks* para o mesmo produto, aumentando dessa forma a quantidade armazenada em estanteria dinâmica. Nalguns casos, em que o tamanho de lote esteja otimizado e o produto seja pouco volumoso, pode mesmo evitar-se o recurso ao armazenamento em estante, ou seja, o espaço necessário para acomodar o stock máximo é inferior ao espaço destinado para aquele artigo nos *racks* dinâmicos.

A escolha dos tipos de caixa a serem utilizados nos processos logísticos internos, seguiu um critério que fazia com que os "Bacs" e as "Caixas M", tivessem um dos lados com



Figura 4.10: Esteira de rolos dinâmicos para paletes

dimensões iguais. Isto permitia que a mesma esteira comportasse ambos os tipos de caixa. O mesmo se passa com as "Caixas S" e Caixas "XS". Por esse motivo, na tabela 4.3, estes tipos de embalagem são analisados em conjunto, sendo a capacidade definida como o máximo de caixas comportadas pelo dinâmico no caso da totalidade das esteiras com aquela dimensão de frente, estarem alocadas com a caixa específica.

Uma análise efetuada à rotatividade e volume dos artigos (ABC - XYZ), apontava para a existência de oito referências que para além da elevada rotação, também implicavam a movimentação de um volume de material muito substancial. Por esse motivo optou-se pela aquisição de alguns *racks* de paletes, um sistema de rolos dinâmicos de maior dimensão, uma solução menos usual no mercado nacional mas que poderia trazer benefícios significativos em termos de manuseamento de material. Isto porque no caso do material aí alocado, o seu tamanho de lote correspondia a uma paletes e essa paletes nunca necessitaria de ser desmembrada. Acabaram por registar-se dois problemas em relação a esta solução. O primeiro está relacionado com a capacidade da mesma, atendendo a que está inserido numa estante dupla que comportava, no máximo, duas paletes. Isto é redutor, porque uma operação de *picking* retirava, pelo menos, uma delas e a autonomia do *rack* era bastante baixa. Usualmente estes sistemas são aplicados em esteiras com maiores profundidades e consequentemente maiores autonomias. O segundo problema deriva do formato destes *racks* que não permite que o material seja recolhido diretamente para o comboio logístico. Isto leva a que seja necessário um empilhador para fazer o seu *picking*, ao contrário daquilo que é o pretendido para as operações de *picking* no armazém.4.10

4.1.4 Alocação de áreas de armazenagem

A expectativa de que seria possível alocar todos os artigos com base na sua tipologia e rotação saiu gorada por questões técnicas. Ao contrário do módulo de SAP usado, por exemplo, na unidade fabril do grupo na Polónia, o sistema de gestão de armazém que ainda se usa em Portugal, não é capaz de associar os materiais a unidades de contentorização ou a unidades de volume. Para além disso, não possui nenhum módulo que lhe permita determinar a localização preferencial para cada artigo. Esta limitação, com grande impacto em termos operacionais, obrigou à procura de alternativas. A associação de um artigo a uma localização fixa, preferencialmente nos *racks* dinâmicos, com menção a essa localização na etiqueta de produto, que possuía uma tipologia específica, foi uma das formas encontradas para solucionar o problema até se concretizar a transição para SAP prevista pela empresa. Consequência direta desta associação de um produto a uma localização fixa era a restrição do espaço disponível para esse material. Aquando da mudança de método de abastecimento e com a implementação de um sistema *Pull* entre a Aspöck e os fornecedores do conjunto de artigos que operavam neste projeto piloto, a atribuição de localizações fixas ao material, permitiu a redução dos extravios de material e permitia uma perceção imediata de *stocks* acima do seu nível máximo. Para isso, foram calculados os *stocks* máximos e mínimos, bem como o tamanho de lote de diversos artigos. Por uma questão de simplificação de fluxo e porque o *picking* dos artigos em abastecimento *kanban* era efetuado por apenas um operador, optou-se por concentrar a localização destes componentes numa área específica do armazém.

4.1.5 Espaços de Armazenagem Específicos - Produtos Diferenciados

Para além da área genérica de abastecimento, já mencionada, foi ainda necessário criar uma área específica para artigos com peculiaridades em termos de armazenamento, como os PCBs e outros componentes eletrónicos, produtos armazenados no estado líquido, como colas e resinas e ainda embalagens e contentorização retornável.

Em relação aos PCBs, pretendia-se aumentar a capacidade de armazenagem anterior, que era cerca de 400 bacs, para 576 bacs de forma a fazer face ao aumento da utilização destes componentes e à redução da quantidade por caixa, em função da melhoria dos requisitos de acondicionamento do material. Este aumento foi conseguido graças ao aumento da eficiência da ocupação do espaço, pois a área disponível manteve-se aproximadamente similar, cerca de 100 m². Para isso recorreu-se à aquisição de novo material de armazenagem específico para aquele tipo de caixas e de *picking*. Material de menor dimensão e com características anti-estáticas, enquadrado em relação ao peso das caixas, melhorando a disposição das caixas e optando pela troca das placas de contraplacado existentes anteriormente, por painéis metálicos (Chapa ST02Z / DX51D galvanizada) de menor espessura, que garantiam condutividade elétrica e não libertavam partículas. Foi adquirido para o espaço, um equipamento de ventilação próprio, com capacidade de regular temperatura e humidade, bem como filtro de partículas.

O espaço está confinado, sendo que na zona de acesso, existiam equipamentos específicos para garantir que os operadores efetuam a sua descarga eletrostática e a descarga do seu vestuário, que também possui algumas propriedades específicas.

Os produtos armazenados no estado líquido necessitam de estar comportados numa área que possua forma de conter potenciais derrames. Uma das soluções existentes no mercado para esse fim são as bacias de retenção, que em caso de derrame, retêm os líquidos

e evitam contaminação.

Como, na maioria, os produtos que eram utilizados no estado líquido eram também altamente inflamáveis, optou-se por equipar com bacias de retenção, uma pequena área coberta (50 m²) isolada do resto do armazém, de forma a minimizar o risco de incêndio das instalações. Com o mesmo propósito em vista, optou-se por um pequeno equipamento de movimentação de carga manual, para evitar qualquer tipo de carga com capacidade de provocar ignição.

Como existe a necessidade de se efetuar o retorno de caixas aos fornecedores e os clientes do sector automóvel também utilizam esse sistema com os seus fornecedores locais, pretendia-se criar no exterior do armazém uma área coberta onde fosse possível colocar as embalagens de forma organizada para permitir aos fornecedores a sua recolha de forma autónoma, eliminando dessa forma mais uma operação sem valor acrescentado. A necessidade de cobertura do espaço estava relacionada com a exigência por parte da VW e da PSA de se garantir a limpeza das caixas que eram usadas no fluxo de material. Contudo, porque já se tinha atingido o limite de ocupação da área de construção, não foi possível ainda concretizar este investimento.

4.1.6 Equipamentos de Movimentação de Carga

Neste campo, face ao que existia anteriormente, mais do que reduzir a quantidade de máquinas, importava reduzir a sua variabilidade e garantir que os equipamentos de movimentação de carga adquiridos se tornavam em ferramentas úteis para melhorar a produtividade dos operadores. Dessa forma, definiram-se tarefas específicas que seriam executadas por cada máquina, o que permitia uma maior adaptação das máquinas à função e dos operadores às máquinas, garantindo maior efetividade do seu trabalho.

Tabela 4.4: Equipamentos de movimentação de carga

Qtd.	Modelo	Tipo	Bat. Extra
5*	ETV 214 – 590DZ	Empilhador Retrátil	2
1	EFG 216k – 450DZ	Empilhador Contrapesado	0
2	ERC 214z – 250ZZ	<i>Stacker</i>	1
1	ERC 216 – 459DZ	<i>Stacker</i>	0
4	EZS 130	Tratores de Reboque	2

* Um dos empilhadores retráteis é o modelo ETV 116

Conforme indica a tabela 4.4, foram adquiridos 5 empilhadores retráteis. A opção por estes empilhadores em detrimento dos contrapesados e dos rotativos já foi explicada anteriormente. Estes operadores têm como função principal o desempenho das seguintes tarefas. Retirar material de compra da zona de receção ou, no caso de material produzido internamente, do monta-cargas, colocá-lo em estante e proceder à sua localização. Reabastecer os *racks* dinâmicos de acordo com indicadores visuais de reposição, cartões *kanban* ou instruções informáticas. Retirar paletes de estante de forma a permitir a execução de *picking* por operadores apeados e recolocar as paletes na localização de origem. Desta forma, os empilhadores retráteis desempenham a generalidade das tarefas no interior das estantes e efetuam tarefas que anteriormente eram efetuadas pelas trilaterais. Como a produção interna de material ocorre durante os três turnos, estas máquinas estão sujeitas a operação contínua, o que levou à opção pela aquisição de baterias de substi-

tuição de forma a garantir operação ininterrupta.

Para operação no exterior da fábrica, nomeadamente na descarga de equipamentos, moldes e material que não possui medidas *standard*, é utilizado um empilhador contrapesado. A escolha desta máquina deriva de no exterior existir mais espaço de movimentação e ser um equipamento mais versátil, permitindo a operação com cargas *sui generis*. O seu período de maior ocupação é durante o dia, devido às janelas de fornecimento definidas, e por essa razão pode efetuar a recarga da bateria durante o período noturno, pelo que se optou por não adquirir baterias de substituição.

As cargas e descargas dos veículos que acoplam nos cais, são garantidas pelos stackers, que pela menor dimensão e maior versatilidade, conseguem operar nas zonas de carga, descarga e dentro do reboque dos camiões. Em simultâneo, estas máquinas também asseguram a preparação das cargas, retiram e localizam Produto Acabado do monta-cargas, daí a existência de uma máquina com um mastro maior, por forma a poder operar cargas no último nível das estantes. Ainda são utilizadas para efetuar pequenas movimentações de material no armazém fora da zona de estantes, especialmente de ordens de fabrico já preparadas. Estas máquinas, atendendo à tipologia das funções que desempenham, durante dois turnos têm uma taxa de ocupação bastante elevada, sendo que no terceiro essa ocupação é residual. Contudo optou-se pela aquisição de uma bateria suplementar de forma a garantir a total disponibilidade das máquinas que desempenham funções de elevada importância.

No que diz respeito às máquinas antigas, a maioria deles foi incluída, sob a forma de retoma de equipamentos antigos. Existia contudo, um retrátil ETV 116 de 2013, cujas características eram semelhantes aos novos equipamentos retráteis pretendidos e por isso optou-se pela manutenção desse equipamento ao invés da aquisição de um novo. Em relação às estantes antigas, com a necessidade temporária de armazenamento que existiu durante a transição de instalações, optou-se pelo corte e acondicionamento de parte delas para serem alocadas nas tendas. Posteriormente, alocou-se uma pequena quantidade das que se encontravam em melhores condições ao Centro de Engenharia e as restantes foram vendidas.

4.1.7 Comboio Logístico - *Mizusumashi*

Ainda a respeito de equipamentos de movimentação importa referir os tratores de reboque, que garantem a operação dos *Mizus* pelo chão de fábrica. No dimensionamento do projeto previa-se a utilização de dois tratores de reboque no piso da injeção e montagem e de outros dois no piso do armazém. Contudo, porque a introdução do abastecimento *kanban* tem sido gradual e as linhas de produção necessitam de ser compatibilizadas com estes equipamentos, optou-se numa primeira fase pela alocação de dois comboios ao Piso "0" e apenas um ao piso do armazém. O *Mizu* localizado no armazém é o de recolha do material para as linhas cujo abastecimento é através do método *kanban*. A definição de quais as ordens de produção a abastecer é definida de acordo com o quadro de nivelamento de produção, o comboio efetua também a recolha de carruagens com caixas vazias originárias dessas linhas, no monta cargas para efetuar a reposição desse material.

Por esse motivo, o percurso do *Mizu* tem início precisamente junto ao quadro de nivelamento de produção, seguindo para o tapete de descarga do monta-cargas, seguindo depois para o interior das estantes, entre as estantes "2" e "3". Posteriormente, tira partido do túnel, para inverter a direção avançando até às estantes "6" e "7", onde se

concentram novamente os *racks* dinâmicos e onde inverte novamente a direção seguindo até ao monta-cargas. Aqui pode concluir o seu percurso e descarregar as carruagens para o tapete de admissão do monta-cargas, retornando ao ponto inicial e reiniciando o ciclo ou pode avançar até às estantes "9" e "10" para mais operações de *picking* nos *racks* dinâmicos. Mais uma vez a inversão de direção ocorre no túnel e volta a ocorrer chegado às estantes "13" e "14". Aqui termina o seu percurso de recolha, indo posteriormente em direção ao tapete de admissão do monta-cargas. A figura 4.16 demonstra todo este percurso nas setas assinaladas a verde, sendo que as setas assinaladas a vermelho representam os movimentos dos empilhadores retráteis. Com esta solução foi possível assegurar que o cruzamento entre ambos acontecia apenas na zona do túnel e nunca em áreas de *picking*, pois estas eram operadas exclusivamente por *Mizus*, enquanto que as áreas de reposição, corredor entre estantes "4" e "5" por exemplo, serviam para operação exclusiva de empilhadores retráteis.

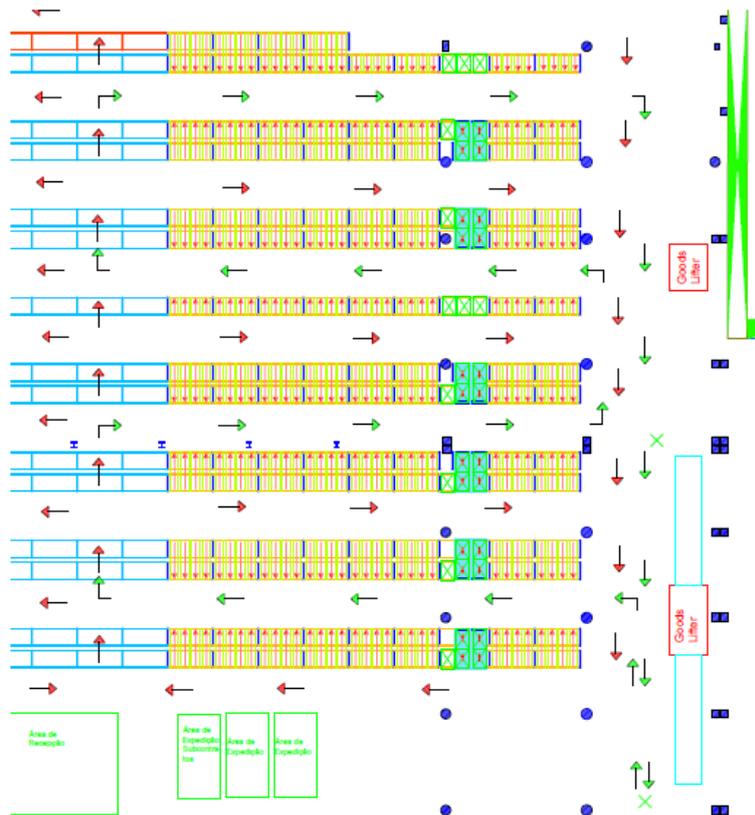
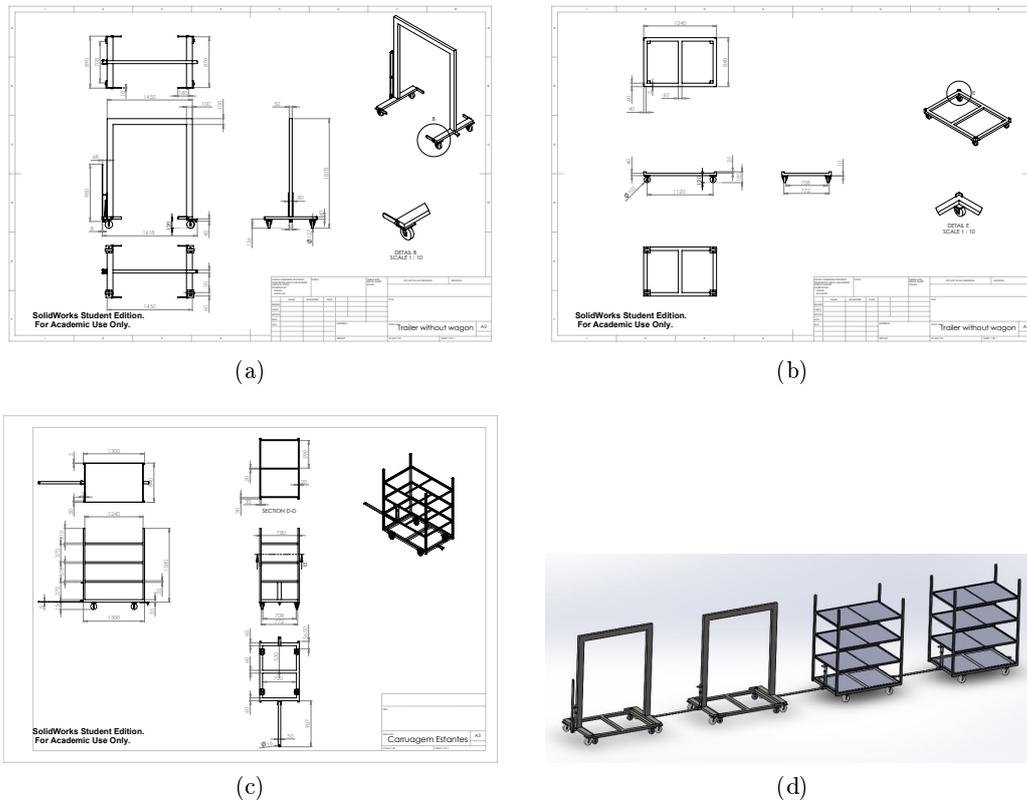


Figura 4.11: Marcação de percursos dos Mizus e dos Empilhadores Retráteis

Na altura da aquisição de equipamentos de movimentação de carga, os fornecedores de equipamentos de movimentação de carga ainda não disponibilizavam, em Portugal carruagens para circularem acopladas ao trator de reboque. Dessa forma e porque o custo de importar estes equipamentos era muito elevado, optou-se por definir três modelos de carruagens similares a modelos existentes no mercado, mas com adaptações às especificidades da organização.

A carruagem com estantes, conforme se pode ver na figura 4.12c, permite o transporte de



- a) Pórtico
- b) Trolley
- c) Carruagem com Estantes
- d) Carruagens Assembladas

Figura 4.12: Carruagens utilizadas nos *Mizus*

uma diversidade de artigos e caixas de menor dimensão pois possui prateleiras, a alturas ergonómicas para os operadores, onde estas podem ser depositadas. A configuração habitual dos Mizus incorpora uma carruagem deste tipo, geralmente junto ao trator de reboque. Contudo, estas carruagens são desacopláveis e compatíveis com o monta-cargas, pelo que é possível que circulem entre pisos e sejam, por exemplo, enviadas para o armazém com caixas vazias para se efetuar a reposição de material. O pórtico deve circular sempre acoplado ao Mizu, sendo frequente que constitua as três carruagens adicionais. Este pórtico serve para efetuar a movimentação dos *trolleys* que circulam no seu interior. A sua configuração permite que estes sejam abastecidos de ambos os lados, permitindo maior versatilidade de operação. Os *trolleys* têm como principal função o transporte de paletes de material. São colocados junto das linhas de produção como ponto de depósito dos produtos das linhas e recolhidos sempre que se encontram completos ou que o lote de fabrico se encontra concluído. Em casos de componentes de alto volume e rotação, são também usados para efetuar abastecimentos às linhas de produção. Estes *trolleys* são compatíveis com o monta-cargas e a forma mais cómoda de transportar material entre níveis.

4.1.8 Monta-cargas

O propósito do monta-cargas é assegurar o transporte de material entre o "Piso 0" e o "Piso -2". Este equipamento ainda não é muito comum na indústria portuguesa, em grande parte devido ao baixo custo de aquisição de terrenos industriais no nosso país. Atendendo às diferenças de cota entre o armazém e as áreas produtivas da empresa, o monta-cargas é um equipamento fundamental para o abastecimento de material à produção. Por esses motivos, efetuou-se uma consulta internacional de fornecedores e estudaram-se várias opções para a sua disposição e funcionamento. Optou-se pela aquisição de 2 monta-cargas, como se pode verificar pela figura 4.6, onde estão assinalados ("Goods Lifter").

O monta-cargas principal, acionado por um motor elétrico e com sistema de transportadores de correntes motorizadas para admissão e extração de carruagens do monta-cargas. Este sistema assegura a movimentação das carruagens entre pisos. Após a colocação dos operadores nos tapetes de admissão, as carruagens vão avançando gradualmente ao longo do tapete que possui capacidade para 4 carruagens, entrando depois no monta-cargas que possui capacidade para transportar duas de cada vez. Concluída a movimentação vertical, as carruagens deixam o monta-cargas, até à extremidade do tapete de extração, também com capacidade para 4 carruagens. Este monta-cargas, garante 35 ciclos operativos por hora, podendo transportar até 70 carruagens para cada um dos pisos por hora. Para evitar paragens de linha, a programação do PLC do monta-cargas, foi efetuada de modo a priorizar o transporte de material do "Piso -2" para o "Piso 0", ou seja, caso exista solicitação no tapete de carga do piso inferior e o monta-cargas esteja vazio ou semi-completo no piso superior, o mesmo não completa a carga e desce de forma a transportar o material que aguarda envio para a montagem mais rapidamente.

O monta-cargas secundário, com funcionamento hidráulico serve de *backup* ao principal, permitindo acautelar avarias e operações de manutenção do monta-cargas principal. Como não opera exclusivamente com carruagens, é mais versátil e permite o transporte de alguns equipamentos entre pisos. A operação deste monta-cargas é manual e é mais lento que o principal, pelo que o seu uso na operação logística é restrito.

De forma a minimizar o tempo de paragem destes equipamentos, que podia afetar seriamente a produção, foram tomadas várias medidas preventivas. Desde logo, a contratualização de operações de manutenção preventiva dos equipamentos, a formação ministrada pelo fornecedor a elementos da equipa de manutenção da Aspöck para a correção de situações de menor gravidade e ainda a aquisição de alguns componentes adicionais, de forma a evitar paragens prolongadas por falta de componentes sobressalentes.

4.2 Abastecimento do sector da Produção

4.2.1 Kanban

O aumento de eficiência dos processos logísticos da Aspöck passava inevitavelmente pelo abandono de um sistema de preparação de Ordens de Fabrico que implicava a contagem unitária de peças, algumas delas extremamente pequenas e com muito baixa densidade e que por isso não podem ser pesadas, a separação de material com 24 horas de antecedência, um processo de retorno de material moroso e uma falta de capacidade de reação sempre que ocorressem rejeições de material ou erros de contagem. Optou-se pela

transição para um sistema de abastecimento *kanban*, que permita a adoção de metodologias JIT, que era versátil e mais direto. Com esta transição e através da introdução de medidas complementares nas linhas onde se implementou esta metodologia, registou-se não apenas o pretendido aumento da eficiência da logística operacional, mas também a redução de *stocks* de componentes, o aumento da capacidade produtiva e melhorias na produtividade, que se repercutiram na *performance* junto dos clientes.

A introdução desta metodologia de abastecimento teve início com um projeto piloto que visava a linha que produzia o produto analisado no VSM do capítulo anterior, Europoint II.

No armazém, criou-se um quadro de nivelamento da produção, que para além de permitir aos operadores uma perspetiva abrangente sobre o material a abastecer às diversas linhas durante as 24 horas seguintes, permite-lhes também verificarem que componentes, e em que quantidade, necessitam de ser abastecidos, através de cartões específicos. Posteriormente à preparação, o material segue pelo monta-cargas, para o piso da montagem, para se proceder ao abastecimento às linhas. Aí, as caixas vazias são retiradas dos *racks* que foram criados para dispensar o material e enviadas para o nível inferior para se proceder à reposição.

Foi ensaiada uma metodologia de reposição de material nos *racks* dinâmicos do armazém baseada na colocação dos cartões num Quadro de Formação de Lote (QFL), que estando preenchido, transitava para um sequenciador. Esse sequenciador era tratado por outro operador, que utilizava exclusivamente o empilhador para efetuar a reposição. Contudo este método não funcionou plenamente porque causava uma perda de cartões muito significativa. Identificou-se o QFL como o ponto onde sucediam mais extravios, pelo que se tentou desenvolver uma versão diferente do mesmo, que simplificasse o processo. Contudo, como não foi encontrada nenhuma solução satisfatória a um preço aceitável, pelo que se optou por desenvolver uma solução alternativa. As caixas vazias com cartão, eram acumuladas numa área específica, sendo recolhidas periodicamente durante o turno, por um operador de empilhador, que efetuava a reposição do material.

As caixas que funcionavam em fluxo com os fornecedores tinham um procedimento similar, apenas diferindo a área onde eram colocadas, sendo que era o fornecedor que fazia a sua reposição. Este procedimento trouxe melhorias significativas à organização, na medida em que permitiu balizar os *stocks*, reduzindo-os significativamente, libertando os aprovisionadores do processo de efetuarem a programação da aquisição destes materiais, necessitando apenas de supervisionar o processo. Do lado dos fornecedores permitiu uma maior previsibilidade sobre as necessidades do cliente o que contribuiu para a estabilização do seu processo produtivo. Para além disso, foram efetuados os cálculos do *stock* de segurança, que ficou alocado no fornecedor, o que permitiu reduzir o volume de material dentro de portas e o *handling* de material, pois para material de baixo volume, existiam casos em que o *stock* máximo cabia num *rack* dinâmico.

O cartão *kanban* utilizado, ver figura 4.13, faz menção à Aspöck, porque se trata da proprietária do mesmo e essa informação era relevante, em especial nos envios de material para fornecedores. Contém também informação sobre o tipo de caixa em que o material deve ser armazenado e a quantidade por caixa, referindo a localização e a quantidade de caixas no bordo de linha. É ainda mencionada a descrição do artigo e,



Figura 4.13: Exemplo de kanban utilizado para fluxo de material

nos casos aplicáveis, qual o fornecedor do material, permitindo a indicação sobre a área onde as caixas vazias devem ser depositadas. Menção ainda para o canto inferior direito que refere a numeração do cartão e o total de cartões existentes, de modo a ser possível aferir caso ocorra algum extravio.

Tabela 4.5: Dados utilizados para a definição de sistema Pull com fornecedores

Componente	Caixa	Qtd./ caixa	Tempo Ciclo(s)	Consumo/ minuto (Un.)	Consumo 3 turnos	Caixas	Qtd. Paletes	Loc.
41712005	bac	14	34,3	1,8	2 520	180	11	07-A
41712006	bac	14	32,4	1,9	2 664	190	12	07-B
41712007	bac	14	42,9	1,4	2 016	144	9	07-C
41712008	bac	14	42,9	1,4	2 016	144	9	07-D

Na definição de um sistema Pull com os fornecedores, começou-se pela análise das cadências de produção dos artigos nos quais estes componentes eram incorporados. No caso dos componentes referenciados na tabela 4.5, de forma a garantir que nunca sucedam paragens de linha, assumiu-se o valor do menor tempo de ciclo. Todos os componentes são fornecidos pelo mesmo fornecedor, que efetua entregas diárias. Este foi um dos fatores que ajudou na seleção deste tipo de componentes para testar esta metodologia de trabalho, sendo que o outro foi o elevado volume deste material e o espaço que ocupavam no armazém. A linha opera a três turnos diários. Estes componentes são apenas incorporados na família de produtos do Europoint II e todos os artigos dessa família incorporam exatamente um componente deste tipo. O tipo de componente em análise possui quatro versões pois existem versões para ambos os lados do farolim no qual são incorporados e porque o refletor é diferente entre versões. O histórico de vendas apontava para um diferencial ligeiro para o consumo entre os dois lados e as ordens do cliente atingiam, no máximo as 800 unidades, quantidades bastante aproximadas à produção de um turno. Como se regista um equilíbrio entre o consumo dos farolins que consumiam a versão es-

querda e a direita do refletor e as encomendas dos clientes quase nunca excediam as 800 unidades, definiu-se em conjunto com o planeamento que o período máximo a trabalhar com o mesmo código de componente, era um turno de produção. Dessa forma foi possível garantir que, tendo material em *stock* de cada componente para três turnos de produção e garantindo por parte do fornecedor recolhas diárias das caixas vazias, com a reposição a ocorrer no dia seguinte, nunca existiria falta de material para a produção e o mesmo poderia ser confinado às localizações fixas, conforme indicado na tabela. Foi ainda solicitado ao fornecedor que garantisse *stock* de segurança de forma a assegurar a capacidade para entregar as quantidades requeridas, no período de resposta que dispunha, ou seja, um dia. Para isso, o fornecedor teve que garantir que possuía, como *stock* de segurança, dois turnos de produção, que correspondem ao consumo máximo de qualquer código no período de um dia. A evolução do stock interno decorre, nos momentos de maior pressão produtiva, conforme demonstra a tabela 4.14.



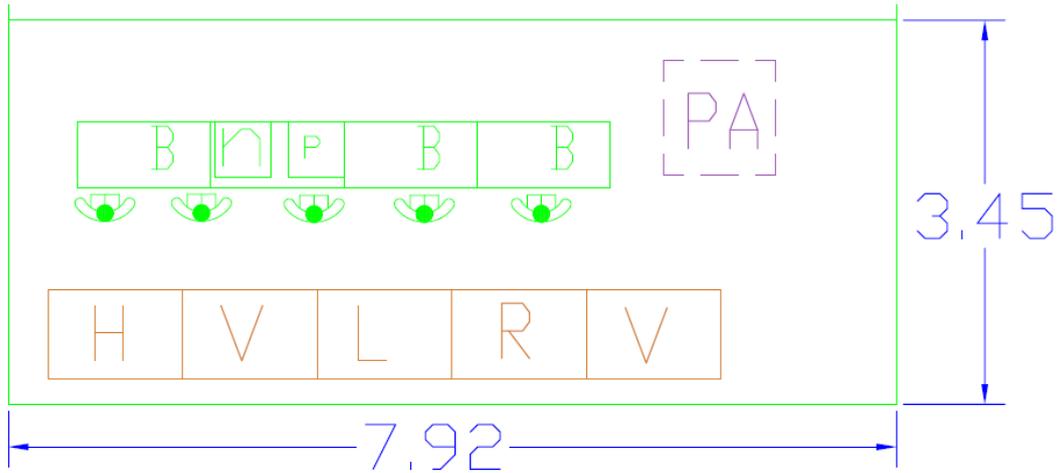
Figura 4.14: Gráfico demonstrativo da evolução do *stock* no sistema de reposição de material por fornecedores

Este projeto piloto não se restringiu apenas à alteração do método de abastecimento de linha, tendo incidido também sobre outros processos no chão de fábrica, nomeadamente a alteração do layout da linha de montagem. Esta alteração é relevante sobretudo para o aumento de produtividade da linha da produção. Como se pode verificar na figura 4.15, existiram várias alterações. A incorporação de mais componentes na linha de montagem final, a alteração do posicionamento do material, que passou a estar de frente para os operadores e em unidades de contentorização que permitem um processo de recolha mais simples, a transição de um layout em linha por um layout em "U" que facilita a permutabilidade de posições. Para ser possível a incorporação de operações adicionais, com redução do tempo de ciclo, para além do novo posicionamento do material, foi também necessário simplificar alguns processos. Ocorriam situações em que era abastecido o parafuso e a anilha em separado, ou cujo vidro lateral necessitava de ser acoplado a uma fita para que pudesse ser colado no farolim. Este tipo de operações sem valor acrescentado foi retirado da linha de montagem e enviado para subcontratos, a preços inferiores

ao custo de produção. Deste modo, para além do aumento da capacidade produtiva, a alocação de recursos humanos tornou-se mais flexível, tendo-se reduzido o *lead time* e aumentado a *performance* de entrega ao cliente.

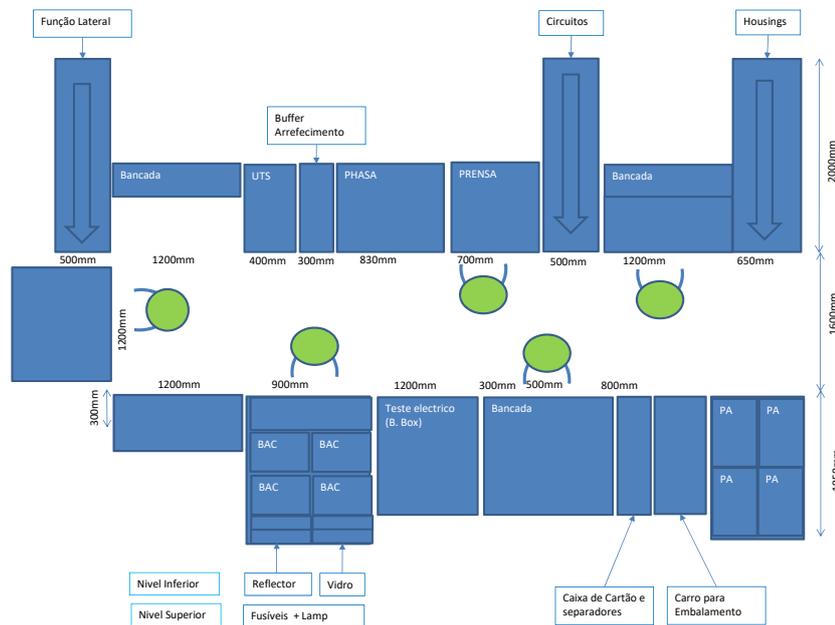
4.2.2 Supermercados

Estabelecer um fluxo direto de material entre a Injeção e a Montagem é relevante na medida em que permite uma simplificação muito considerável da movimentação de material e do *handling* inerente. Na tentativa de atingir esse fluxo, definiu-se a utilização de um fluxo *Pull* pois este permitia, entre outras coisas, a redução dos *stocks*. Este facto reveste-se de especial importância tendo em conta o elevado custo de ocupação de áreas na Montagem e na Injeção. Através da aplicação de supermercados era possível garantir o fluxo *Pull*, a movimentação direta de artigos e o estabelecimento de tamanhos de lote que permitissem à secção de injeção uma operação balanceada. Nesse sentido, numa fase inicial, optou-se pela utilização desta abordagem para peças de baixo volume que permitiam tamanhos de lote maiores. A implementação de metodologias de melhoria produtiva na Injeção ainda estava numa fase muito embrionária, com moldes antiquados, sem existência de SMED's e com dificuldades em conjugar, sem elevar substancialmente os tempos de *setup*, diferentes matérias-primas na mesma máquina de injeção. Também aqui as limitações estendiam-se ao sistema informático da empresa, na medida em que todas as ordens de produção, têm dimensão correspondente à dimensão da encomenda do cliente. Desta forma, o planeador necessita de fazer manualmente a segmentação destas ordens para se adequarem ao tamanho de lote definido. O processo de gestão de *stocks* de material alocado aos supermercados foi estruturado da seguinte forma: Definição do tamanho de lote de produção na Injeção, definição do nível de reposição de *stock*, a partir do qual é enviada uma mensagem ao planeador no sentido de planear a produção do material, cálculo do espaço máximo ocupado pelo material em supermercado, que corresponde à quantidade a partir da qual é despoletado o processo de reposição a que se soma o tamanho de lote. Estando este processo concluído, definiu-se o posicionamento dos supermercados na Montagem, de forma a situarem-se no percurso dos Mizus, preferencialmente antes das linhas de montagem nas quais seriam utilizados os materiais. Esta não era a localização ideal, contudo ao atentar-se nas plantas dos edifícios da Injeção e Montagem é possível constatar que a única ligação entre estas áreas é um portão com cerca de 4 metros de largura. Este facto representa um constrangimento ao posicionamento dos supermercados, pois se não existisse nenhum obstáculo físico entre estas áreas, era possível que os supermercados estivessem localizados precisamente na transição entre estas áreas, existindo rotas independentes de Mizu para Injeção e Montagem. Desta forma, o Mizu da Injeção faria a recolha do material das linhas de injeção, depositando-o posteriormente nos supermercados, precisamente onde seria recolhido para abastecimentos às linhas, pelos Mizus que operassem na Montagem. Atribuía-se localizações específicas ao material e, à semelhança do efetuado no armazém, artigos com localização específica possuíam a indicação dessa localização na etiqueta de identificação e a própria etiqueta tinha uma configuração diferente, de forma a alertar os operadores para essa particularidade. Desta forma, foram-se implementando os supermercados na montagem, alavancados pelas linhas cujo abastecimento se processava através do *kanban*, com manifesto impacto na redução de *stocks* e simplificação da operação logística. O facto de se restringir o fluxo a uma área confinada, também resultava em menor extravio



(a)

H *Housings* | V Vários Artigos | L *Lens* (Vidros) | R Refletores
 PA Produto Acabado | B Bancada | N Aparafusadora | P Teste Luminosidade



(b)

Figura 4.15: Evolução do layout das linhas de montagem do Europoint II

a) Layout Linha Antigo b) Layout Linha Atualizado

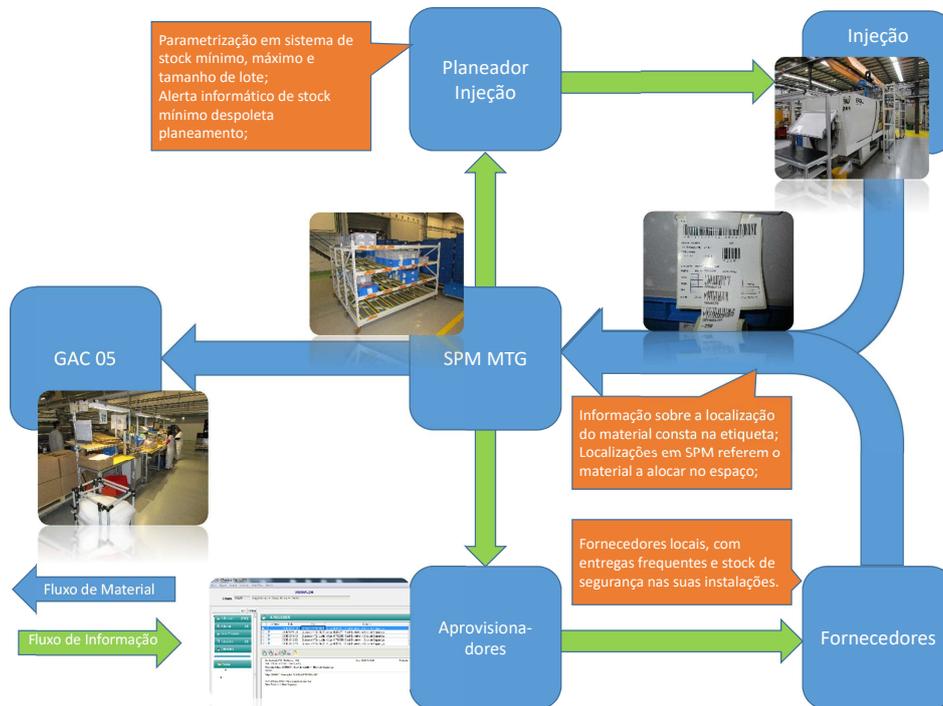


Figura 4.16: Fluxo de material e informação numa linha de montagem

de material e em maior efetividade do controlo de *stocks*.

4.2.3 Rotas Mizu Produção

Os comboios a operar no piso da Montagem/Injecção, têm como funções o abastecimento de componentes às máquinas de injeção, a recolha de Produto Acabado e componentes intermédios dessas mesmas máquinas, levando-os até ao monta-cargas e o abastecimento das linhas de montagem que operam em *kanban*.

De forma a padronizar toda a operação dos *Mizus*, efetuou-se o cálculo do tempo de ciclo dos comboios. Este tempo de ciclo foi estimado com base nas operações de carga/descarga máximas que um comboio com quatro carruagens deve efetuar, tendo também em consideração a distância máxima a percorrer, bem como a velocidade de deslocamento e contempla ainda um fator de segurança. Conforme se pode constatar na tabela 4.7, de forma a reduzirem-se as paragens recorreu-se ao agrupamento de máquinas de injeção e de linhas de montagem. Para além da redução de paragens, este método está também ligado com a redução de operadores na Injecção que, com a introdução de *robots* para extração de peças e corte de *jitos*, permite que um operador esteja encarregue de um núcleo de máquinas. Nestes casos e para peças simples e de pouco volume, este núcleo pode ser constituído por até seis máquinas, sendo todo o material alocado à mesma paleta que posteriormente é recolhida por um *Mizu*.

Através de simulações, com ensaios no terreno, estimou-se que com 2 *Mizus* e um tempo de ciclo de 20 minutos seria possível garantir a recolha de componentes na Injecção e o seu abastecimento à Montagem. A operação destes comboios seria beneficiada com a

Tabela 4.6: Definição de alocação de material injetado a SPM na Montagem

	Componente	60445501	60445711	60498611
Geral	Fator de Incorporação	1	1	1
	Consumo/Hora	180	180	180
Inj	Qtd. Por caixa (Un.)	180	400	360
	Caixa	m	m	m
	Tempo de ciclo (s)	22	22	27
	Cavidades	4	2	4
	Mat. Inj. /Turno (Un.)	5 236	2 618	4 267
	Lote Injeção (Un.)	4 600	3 600	3 600
	Consumo 2 turnos (Un.)	2 880	2 880	2 880
MTG	Palete PA (Un.)		600	
	Alerta de reposição (Un.)	3 480	3 480	3 480
	Máx. material em SPM (Un.)	7 480	6 480	6 480
	Cartões	42	17	18
	Cx. Em SPM	39	15	16
	Frentes Ocupadas	5	2	2
	Loc.	SM-D2-1	SM-D3-1	SM-D4-2

Tabela 4.7: Descrição paragens Mizu - Piso 0

Área	Qtd. Paragens	Descrição
Injeção	12	32 Máquinas de Injeção 15 Máquinas de Soldadura
Montagem	18	27 Linhas de Montagem 3 Máquinas de <i>Potting</i> 2 Máquinas de Injeção 3 Máquinas de Soldadura
Monta-Cargas	2	Descarga Carga

Tabela 4.8: Cálculo necessidades Mizu

Descrição	Valor	Unidade
Caixas Movimentadas	1 191	cx/por turno
	149	cx/por hora
	5	cx/por paragem
Tempo paragem	6	seg/caixa
	5	seg/imobilização comboio
	5	seg/arranque comboio
	40	seg/por paragem
Total	22	minutos
Velocidade média comboio	90	m/min
Deslocamento	860	m
	10	minutos
Tempo ciclo estimado	32	minutos
Tempo ciclo estimado com 2 Mizus	16	minutos
Tempo ciclo efetivo com 2 Mizus	20	minutos
Margem segurança	25	%

integração dos supermercados, permitindo que um operador dos Mizus efetuasse o abastecimento dos Supermercados com material da Injeção e o outro a recolha de material nos Supermercados e no Monta-Cargas e o abastecimento às linhas.

A opção por um tempo de ciclo de 20 minutos, valor bastante reduzido tendo em consideração a quantidade de linhas que se pretende abastecer, prende-se com a necessidade de reduzir a dimensão das linhas de montagem. Esta necessidade advém do crescimento intenso que se verifica nas encomendas da empresa e no custo do metro quadrado da unidade de produção. A necessidade de compactar as linhas de montagem, em termos de abastecimento, passa essencialmente pela redução da quantidade de material no bordo de linha, que assume particular relevância pois a maioria dos farolins incorpora, pelo menos, três componentes de grandes dimensões. A redução do material no Bordo de Linha relaciona-se não só com a redução do tempo de ciclo dos Mizus, mas também com a adoção de embalagens menores e a redução dos tamanhos de lote que, conforme já mencionado, implica alterações substanciais do método produtivo.

Tentou-se, com a alteração dos Bordos de Linha, reduzir o material no Bordo de Linha ao mínimo necessário até que ocorra o próximo ciclo de abastecimento. Evidentemente, a alteração era progressiva e não foi concretizada integralmente, até porque a compatibilização, especialmente para artigos consumidos em linhas distintas, com cadências de produção distintas, foi bastante difícil. Em artigos de compra, a posição de força que a empresa possuía sobre os fornecedores locais, o trabalho efetuado na redefinição de embalagens e o investimento na aquisição de embalagens, contribuiu de forma muito significativa para o sucesso das alterações. Nos componentes de produção interna foi também efetuado um trabalho muito exaustivo na redefinição de embalagens e na implementação de metodologias que permitissem a redução dos tamanhos de lote.

Consequência destas alterações foi também a redução dos stocks quer em volume, quer em valor e a melhor organização do material.

4.2.4 Alteração de Bordo de Linha

A necessidade de compactar as linhas de montagem e adaptá-las a um método de operação atual, conduziram a mudanças significativas no seu layout. Mudanças muito significativas, como converter linhas de montagem com disposição linear para disposição em U, de forma a facilitar o balanceamento das operações, o abastecimento e recolha do material, até mudar o posicionamento do material, para que esteja sempre acessível aos operadores na sua posição de trabalho, a alturas ergonómicas e em contentorizações adequadas. Esta mudança, apesar de complementar ao projecto, não foi desenvolvida pelo autor.

Para além disso, a alteração da metodologia de abastecimento e a incorporação de Mizus no processo conduziu à necessidade de alterações no bordo de linha. Estas alterações passaram pela inclusão de *racks* específicos para cada componente, dimensionados de acordo com a tipologia de caixa pretendida e com a quantidade de material necessária a colocar no bordo de linha. Ao contrário do modelo em vigor anteriormente, em que o material era colocado em paletes colocadas no chão junto das linhas geralmente atrás das operadoras, neste modelo, o posicionamento dos racks onde é abastecido o material permite aos operadores aceder ao material que necessitam perto do posto de trabalho onde têm que efetuar a montagem do mesmo. Também aqui fica patente a importância do trabalho de redefinição de embalagem do material e de tamanho de lote, pois só assim é possível efetuar abastecimentos de menor quantidade, reduzindo o volume e garantido que é possível colocar a quantidade necessária de material no bordo de linha para cada ciclo do Mizu. O departamento de processos ficou encarregue da alteração dos bordos de linha, sendo que era competência do departamento logístico a definição otimizada da embalagem do material e do espaço necessário no bordo de linha para assegurar que o tempo de ciclo do Mizu era suficiente para abastecer a linha.

Parte III

Resultados e Discussão

Capítulo 5

Estado Atual da Organização

5.1 Fluxo Logístico

5.1.1 Estudo Atualizado

Procedeu-se à atualização da análise efetuada na fase inicial do projeto, de forma a ser possível uma mensuração das alterações efetuadas. Mantendo-se o foco na análise do ciclo de abastecimento e produção do mesmo produto, ao atentar-se na tabela 5.1, é possível vislumbrar-se o impacto das alterações efetuadas ao nível do edifício e dos processos da empresa e de que forma foi afetado o fluxo de material fruto das alterações operadas.

Uma análise semelhante seria relevante para outros componentes, nomeadamente componentes de compra ou subcontratados, porque permitiriam uma compreensão maior do impacto do trabalho executado. Artigos subcontratados, fruto da força que a Aspöck possui sobre os seus fornecedores, da flexibilidade do processo produtivo dos mesmos e da proximidade entre estruturas produtivas, foram alvo de ações significativas, cuja medição do impacto seria significativa e relevante para este trabalho. De qualquer forma, fica o registo de que os objetivos dessas mudanças versavam essencialmente a redução do volume de material dentro de portas, a redução do valor do stock, menos operações internas de manuseamento do material, maior assertividade e controlo dos *stocks* e ganho de automatismos na colocação de encomendas a fornecedores, permitindo-lhes maior visibilidade sobre as necessidades de produção internas, nivelando as encomendas colocadas e aumentando a frequência das entregas.

É importante reforçar que a mudança registada no fluxograma de processo não resulta exclusivamente do trabalho do autor, mas também de outros trabalhos e projetos de melhoria que decorreram na empresa e do envolvimento de outros elementos nos projetos de melhoria descritos neste documento.

A redução das operações sem valor acrescentado no processo de fabrico do Europoint II, deve-se essencialmente a dois fatores, a diminuição substancial das operações e distâncias de transporte e a redução de operações e tempos de *stockagem*. Esta redução está diretamente relacionada com o trabalho de definição de armazém e dos processos logísticos descritos neste documento, mas também com a mudança na metodologia de aprovisionamento implementada na empresa, pelo departamento competente.

No que diz respeito a procedimentos de controlo, a transição para um sistema de localização que especifica a posição individual de cada palete, através de terminal portátil

Tabela 5.1: Fluxograma de Processo Atualizado- pág. 1

Etapa	Descrição da Etapa	Tipo	Dist.	Tempo	Local
46	Descarga do camião com matéria-prima	Transporte	10 m		AMP
45	Aguarda controlo de qualidade	Stock		2 horas	AMP
44	Controlo de Qualidade	Controlo		20 minutos	AMP
43	Aguarda armazenamento em estante	Stock		2 horas	AMP
42	Transporte para a estante	Transporte	80 m		AMP
41	Inserção de informação sobre localização em terminal	Controlo		1 minutos	AMP
40	Aguarda na estante	Stock		2 semanas	AMP
39	Levantamento de material via etiqueta de lote	Controlo		1 minutos	AMP
38	Transporte para silos de abastecimento	Transporte	30 m		AMP
37	Aspiração para estufas via sistema automático	Transporte	100 m		MTG
36	Estufagem	V.A.		2 horas	MTG
35	Aspiração para máquina de injeção	Transporte	100 m		INJ
34	Injecção	V.A.		30 segundos	INJ
33	Aguarda contentor cheio	Stock		48 minutos	INJ
32	Aguarda entrada em stock	Stock		30 minutos	INJ
31	Entrada em stock	Controlo		1 minutos	INJ
30	Aguarda transporte para AMP	Stock		60 minutos	INJ
29	Transporte no Mizu	Transporte	150 m		INJ MTG
28	Aguarda Transporte Monta-Cargas	Stock		4 minutos	MTG
27	Transporte no Monta-Cargas	Transporte	10 m		MTG AMP
26	Aguarda localização em estante	Stock		30 minutos	AMP
25	Transporte para Estante	Transporte	50 m		AMP
24	Inserção de informação sobre localização em terminal	Controlo		1 minutos	AMP
23	Aguarda na estante	Stock		1 semanas	AMP
22	Picking de Palete para Monta-Cargas	Transporte	30 m		AMP
21	Aguarda Transporte Monta-Cargas	Stock		4 minutos	AMP
20	Transporte no Monta-Cargas	Transporte	10 m		AMP MTG
19	Aguarda abastecimento à linha	Stock		10 minutos	MTG
18	Transporte para linha de montagem	Transporte	10 m		MTG
17	Colocação em Rack	Transporte	1 m		MTG
16	Aguarda consumo	Stock		20 minutos	MTG
15	Montagem da peça	V.A.		10 segundos	MTG
14	Aguarda conclusão da palete	Stock		40 minutos	MTG
13	Aguarda controlo de qualidade	Stock		10 minutos	MTG

Tabela 5.2: Fluxograma de Processo Atualizado- pág. 2

Etapa	Descrição da Etapa	Tipo	Dist.	Tempo	Local
12	Controlo de Qualidade	Controlo		5 minutos	MTG
11	Entrada em stock	Controlo		1 minutos	MTG
10	Aguarda transporte para zona de expedição	Stock		20 minutos	MTG
9	Transporte no Mizu	Transporte	40 m		MTG
8	Aguarda Transporte Monta-Cargas	Stock		4 minutos	MTG
7	Transporte no Monta-Cargas	Transporte	10 m		MTG AMP
6	Aguarda Transporte	Stock		4 minutos	AMP
5	Transporte para zona de expedição	Transporte	30 m		APA
4	Cintagem de Palete	V.A.		2 minutos	APA
3	Leitura de informação para emissão de guia de transporte	Controlo		30 segundos	APA
2	Aguarda expedição	Stock		10 minutos	APA
1	Tranporte para o camião	Transporte	10 m		APA
			671 m	515 horas e 27 minutos	

de leitura ótica e que foi complementado com um sistema de gestão visual que permitia aos operadores associarem o nível da estante a uma cor, onde se encontrava o código de barras correspondente, para além de ter simplificado o processo, tornou-o mais preciso e eficiente. Este é um exemplo claro da aplicação conjugada de ferramentas tecnológicas e de gestão visual, com impacto na redução do tempo de processo e no aumento da fidedignidade do processo. A mudança de edifício, com a concentração de operações inerente, o novo *layout* e a renovada definição de fluxos teve um impacto muito significativo sobre o tempo e as distâncias de transporte de material. Evidentemente aqui, o autor não interferiu na decisão estratégica da empresa de expandir e remodelar instalações, mas contribuiu para a execução dessa mesma expansão e remodelação.

5.1.2 Comparação de Resultados

De forma genérica, os gráficos 5.1,5.2 e 5.3 apontam para a redução no número de operações, nas distâncias entre processos e nos tempos improdutivo. Aqui se comprova, com uma relação muito explícita, que a aposta nas novas infraestruturas e nos novos processos operacionais teve um impacto muito positivo na performance da empresa.

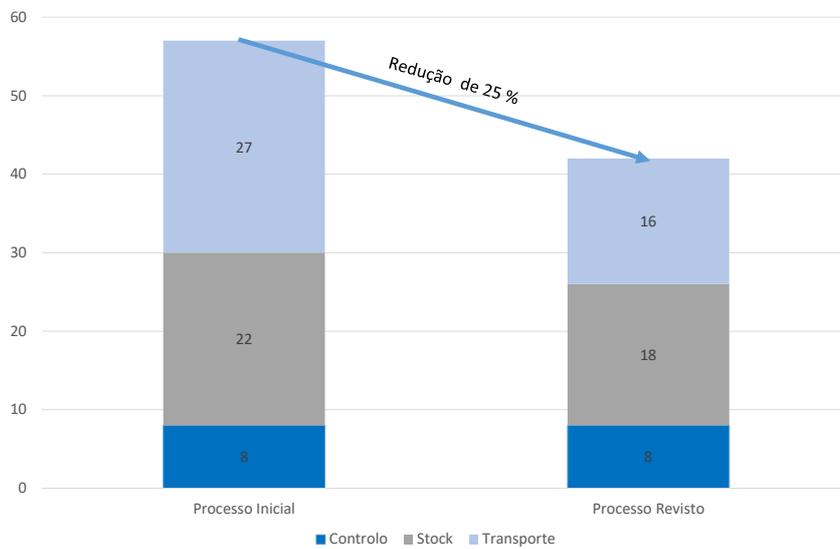


Figura 5.1: Evolução da quantidade de operações registadas no Diagrama de Fluxos

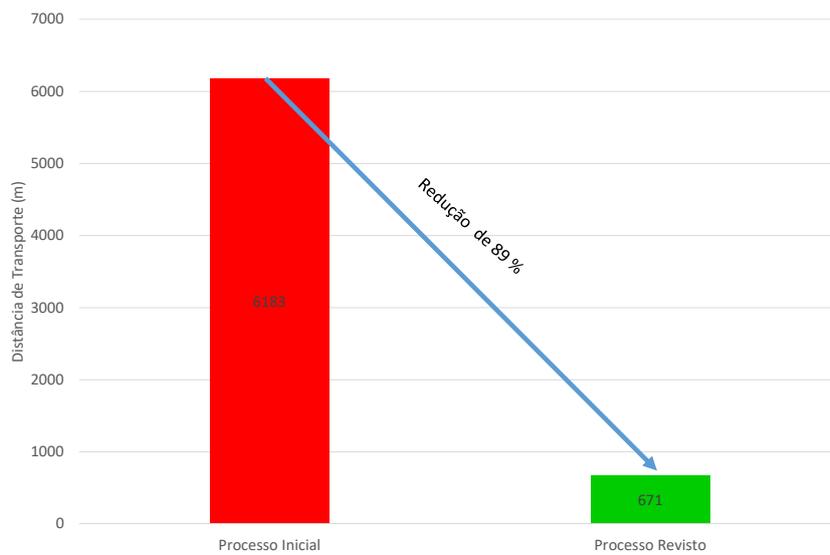


Figura 5.2: Redução da distância registada no Diagrama de Fluxos

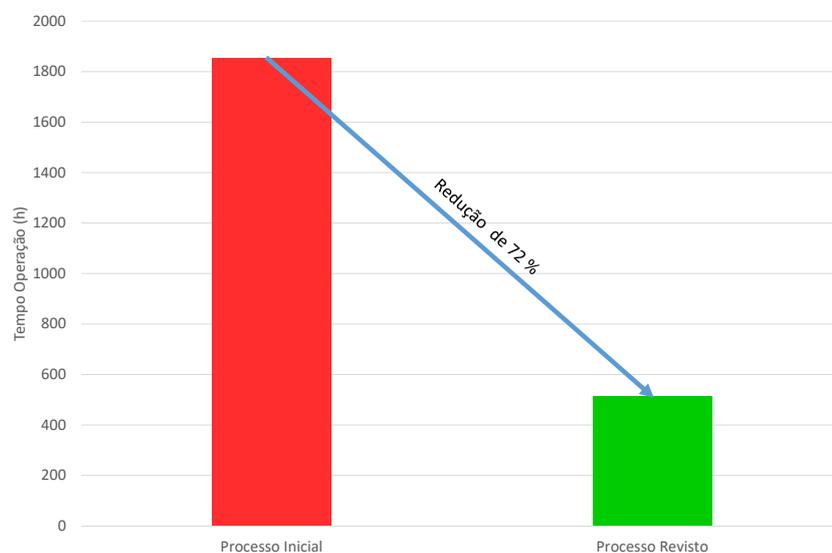


Figura 5.3: Redução do tempo de operação registado no Diagrama de Fluxos

5.2 Evolução dos Indicadores de Performance Logística

5.2.1 Taxa de cumprimento de Encomendas

A transição para o sector automóvel implicava, entre outras coisas, um cumprimento rigoroso das encomendas dos clientes desse sector. Para isso era necessária a existência de capacidade produtiva para assegurar as encomendas dos clientes, mas também flexibilidade na produção para transição entre os diversos produtos. Foi necessário providenciar ao departamento de suporte a cliente que ferramentas que lhe permitisse interpretar os *forecasts* dos clientes e transmitir ao planeamento de produção as necessidades reais dos clientes. Para além disso era necessário garantir que se reduziam as perturbações sobre a produção, de forma a existir um cumprimento mais efetivo do planeamento. A tabela 5.3 reflete essa mudança, com um aumento da taxa de cumprimento das encomendas. No caso das encomendas de clientes do setor automóvel, esta taxa é ainda mais favorável, atendendo a que no projeto Caddy, nunca se repercutiu em paragens de linha do cliente nem obrigou à existência de transportes aéreos, como é frequente suceder nesses casos.

Tabela 5.3: Cumprimento dos prazos de encomendas - Março 2014 *vs* Outubro 2016

	Março '14		Outubro '16	
	Unidades	%	Unidades	%
Dentro do prazo	982 488	74,1%	2 095 953	84,0%
Em atraso	343 451	25,9%	399 606	16,0%
Total	1 325 903		2 495 559	

5.2.2 Evolução das Paragens de Linha

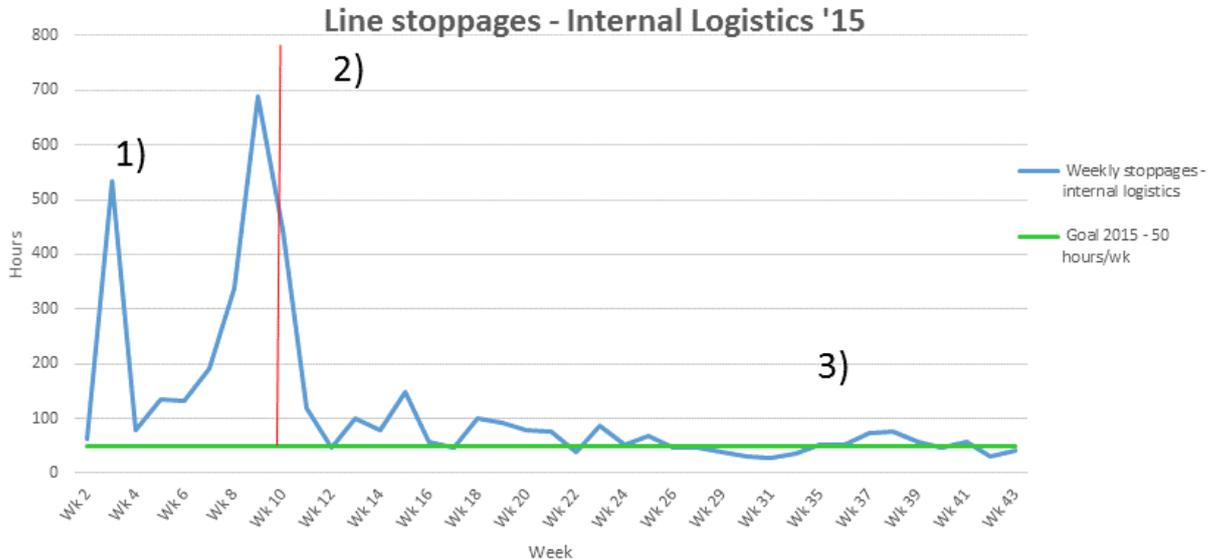


Figura 5.4: Evolução das paragens de linha da logística interna ao longo de 2015

Como se pode verificar pelo gráfico 5.4, também aqui as novas instalações tiveram um contributo muito relevante para a melhoria deste indicador. A transição de instalações de armazém ocorreu entre a paragem de produção do fim de 2014 e do início de 2015, sendo que a transição do sector da montagem ocorreu apenas na semana 10 (ver linha vermelha). Verifica-se que no início existiu alguma entropia, provavelmente associada ao facto de ser um espaço novo e a aquisição de rotinas por parte das equipas no terreno demorar algum tempo. Contudo, a transição das instalações da montagem, levou a novo aumento da incidência de problemas, com as paragens de linha a registarem valores anormalmente elevados. Aí, o facto de se estar a operar em níveis diferentes, e de todo o fluxo de material ser assegurado através dos monta-cargas, levou a que os mesmos fossem um gargalo pois não estavam otimizados e os operadores não estavam familiarizados com eles. Assim que se debelaram esses eventos excepcionais, é possível verificar que a evolução registada foi extremamente positiva, estando muitas vezes dentro do objetivo estabelecido no início do ano, de 50 horas de paragem semanal por responsabilidade da logística interna.

5.2.3 Evolução Faturação vs Recursos Humanos Logísticos e Stocks

Os resultados demonstrados na tabela 5.4 são demonstrativos do crescimento da empresa enquanto decorreu este projeto. A generalidade destes indicadores permite também aferir que o desperdício existente no processo foi reduzido significativamente. Isto vai de encontro aquilo que são os objetivos do projeto e à filosofia Lean que foi orientadora de todo o projeto e dos trabalhos desenvolvidos. No fundo, estes resultados demonstram uma organização mais preparada para mercados mais exigentes e mais condizente com

Tabela 5.4: Evolução dos indicadores económicos

Ano	Recursos Humanos	Faturação (M€)	Stock (M€)	Rácio Stock Faturação
2013	N.D.	34,7	3,7	11%
2014	90	41,1	3,2	8%
2015	79	46,0	4,0	9%
2016	84	51,1	3,8	7%

aquilo que são as boas práticas do sector onde se insere. O trabalho executado pelo autor e aqui documentado esteve integrado nesta mudança da organização e, nalguns casos, gerou também a necessidade de evolução de outros departamentos. Nesse sentido pode-se afirmar que o trabalho foi um sucesso e cumpriu com os objetivos a que se propôs.

Capítulo 6

Considerações Finais

6.1 Melhorias em Curso

Os projetos piloto, nomeadamente a implementação de sistemas *Pull* e *milk run*, demonstram a exequibilidade destes conceitos e da forma como foram adaptados à organização, pelo que a empresa deve apostar na sua consolidação e disseminação. A aposta num sistema *Pull*, semelhante ao que foi utilizado no Gac 05, na família Entrance Light, poderá ser alargada à generalidade dos *high-runners* da empresa. Especialmente se implementado nas Carcaças e nos Vidros do EPII tem potencial para resultar numa poupança muito significativa de espaço em armazém, bem como na redução de operações de manuseamento e libertação de embalagens internas. Estes componentes, pelo seu volume e rotatividade, bem como pela ocupação máquina, perfilam-se como os candidatos mais forte a uma expansão do conceito.

A implementação do *milk-run* interno sairá naturalmente reforçada com a expansão do abastecimento *kanban* às linhas de produção.

6.2 Propostas para o Futuro

Em termos de sugestões para o futuro, elas incidem especialmente na consolidação das medidas já apresentadas. Muitas delas ainda se encontram longe de concretizar todo o potencial que apresentam. Em termos mais concretos, a expansão do sistema *Pull* junto de fornecedores pode acarretar vantagens significativas, em especial existindo tantos fornecedores locais e sobre os quais a força da Aspöck é substancial. Uma medida interessante de conjugar com esta é o desenvolvimento de um *milk-run* junto destes fornecedores. Desta forma é possível tirar partido da proximidade entre estes fornecedores, otimizando as rotas de recolha de material, aumentando a frequência das suas entregas e reduzindo o número de veículos a operarem nos cais da Aspöck. A redução da frequência das entregas vai permitir trabalhar com *stocks* ainda menores, sem que isso signifique um incremento do risco de paragem das linhas.

A aquisição de alguns equipamentos pode também trazer alguns benefícios à operação da empresa. A aquisição de uma máquina que efetue a operação de filmar e cintar as paletes de produto acabado para expedição e que filme o material interno antes de ser colocado em estante, reduzirá significativamente o tempo de manuseamento humano deste tipo de materiais. Para além disso, esta operação pode ser compatibilizada com a extração

das paletes através do tapete de saída do monta-cargas, pelo que pode ser automatizada quase na totalidade. Esta alteração permitirá ainda reduzir o gasto de filme por palete e a utilização de um filme mais barato, atendendo a que a distribuição do mesmo é feita de forma mais eficiente.

O abandono da opção da *one-way pallet* para a expedição de produto acabado para a Áustria e da sua substituição por Europaletes, representaria um investimento com retorno a médio prazo. Estas paletes garantiriam melhor acondicionamento do material, seriam compatíveis com o armazém automático utilizado na Áustria e facilmente seriam retornadas a Portugal, bastando para isso um transporte de retorno por mês.

A atualização do Quadro de Nivelamento de produção, preferencialmente informatizando-o seria uma forma muito interessante de garantir a sua fidedignidade, tornando-o fácil e rápido de atualizar. Esta melhoria pode influenciar muito significativamente a cadeia de abastecimento interna e o abastecimento às linhas e por esse motivo ser uma mais valia significativa.

A Aspöck encontra-se agora mais preparada para um futuro que invariavelmente deve passar pelo fornecimento de componentes para a exigente indústria automóvel. Inicia em 2017 o fornecimento de componentes para o projeto K9 da PSA e pode implementar de início neste projeto as metodologias que foram abordadas neste trabalho de forma a garantir um melhor desempenho. A capacidade de equipar o departamento logístico da empresa com as ferramentas necessárias para operar num mercado mais competitivo e a necessidade de eliminar desperdícios na cadeia produtiva, aumentando a margem de lucro e rentabilidade do processo, eram dois dos pontos mais importantes a que se propunha este trabalho. De acordo com os dados dos indicadores analisados, esses pontos foram cumpridos pelo que o trabalho foi de encontro aquilo que era o seu propósito.

Bibliografia

- [1] TURNBULL, Peter; OLIVER, Nick; WILKINSON, Barry. Buyer-supplier relations in the UK-automotive industry: Strategic implications of the Japanese manufacturing model. *Strategic Management Journal*, 1992, 13.2: 159-168.
- [2] SALI, Mustapha; SAHIN, Evren. Line feeding optimization for Just in Time assembly lines: An application to the automotive industry. *International Journal of Production Economics*, 2016, 174: 54-67.
- [3] THUN, Jörn-Henrik; HOENIG, Daniel. An empirical analysis of supply chain risk management in the German automotive industry. *International Journal of Production Economics*, 2011, 131.1: 242-249.
- [4] REIS, Anabela, et al. Revisiting industrial policy: Lessons learned from the establishment of an automotive OEM in Portugal. *Forecasting and Social Change*, 2016, 113: 195-205.
- [5] KÜBER, Christian, et al. Method for Configuring Product and Order Flexible Assembly Lines in the Automotive Industry. *Procedia CIRP*, 2016, 54: 215-220.
- [6] KRCAL, Hans-Christian. Strategische Implikationen einer geringen Fertigungstiefe für die Automobilindustrie. *Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, 2008, 60.8: 778-808.
- [7] BOYSEN, Nils, et al. Part logistics in the automotive industry: Decision problems, literature review and research agenda. *European Journal of Operational Research*, 2015, 242.1: 107-120.
- [8] RAMÍREZ-GRANADOS, M.; HERNÁNDEZ, J. E.; LYONS, A. C. A Discrete-event Simulation Model for Supporting the First-tier Supplier Decision-Making in a UK's Automotive Industry. *Journal of applied research and technology*, 2014, 12.5: 860-870.
- [9] The global automotive market: back on four wheels, Euler Hermes research, *Economic Outlook no.1210*, August-September 2014.
- [10] Estratégia de Investigação e Inovação para uma Especialização Inteligente. *EI&I*. Novembro 2014.
- [11] BORENSZTEIN, Eduardo; DE GREGORIO, Jose; LEE, Jong-Wha. How does foreign direct investment affect economic growth?. *Journal of international Economics*, 1998, 45.1: 115-135.

- [12] JURAN, Joseph; GODFREY, A. Blanton. Quality handbook. *Republished McGraw-Hill*, 1999.
- [13] VELOSO, Francisco, et al. Global Strategies for the development of the Portuguese Autoparts Industry. Lisboa, IAPMEI, 2000.
- [14] Diagnóstico de apoio às jornadas de reflexão estratégica. Eixo temático 3 - mobilidade, espaço e logística. Automóvel, Aeronáutica e Espaço. 2014.
- [15] Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel. *Relatório Anual*. Setembro 2016.
- [16] DE PORTUGAL, Banco. Análise do Sector Automóvel. *Estudo da Central de Balanços*, 2013.
- [17] FERREIRA, Irene Sofia Carvalho. Caracterização da indústria de moldes na região da Marinha Grande. 2001.
- [18] Cefamol, Associação Nacional da Indústria de Moldes. A Indústria Portuguesa de Moldes 2015. *Relatório Anual*. Janeiro 2016.
- [19] VARGHESE, Cherian; SHANKAR, Umesh. Passenger vehicle occupant fatalities by day and night-a contrast. 2007.
- [20] CHITNIS, Dipti, et al. Escalating opportunities in the field of lighting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, 64: 727-748.
- [21] PEÑA-GARCÍA, A., et al. Impact of Adaptive Front-lighting Systems (AFS) on road safety: Evidences and open points. *Safety science*, 2012, 50.4: 945-949.
- [22] LIANG, Wei, et al. Characteristics of ESD protection devices operated under elevated temperatures. *Microelectronics Reliability*, 2016, 66: 46-51.
- [23] HOSSEINI, Seyed Davod; SHIRAZI, Mohsen Akbarpour; KARIMI, Behrooz. Cross-docking and milk run logistics in a consolidation network: A hybrid of harmony search and simulated annealing approach. *Journal of Manufacturing Systems*, 2014, 33.4: 567-577.
- [24] COLLEDANI, Marcello, et al. Design and management of reconfigurable assembly lines in the automotive industry. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 2016, 65.1: 441-446.
- [25] EC-EUROPEAN COMMISSION, et al. Regulation (EC) No 443/2009 of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009. *Official Journal of the European Union L*, 2009, 140.
- [26] RAUGEI, Marco, et al. A coherent life cycle assessment of a range of lightweighting strategies for compact vehicles. *Journal of Cleaner Production*, 2015, 108: 1168-1176.
- [27] DANILECKI, Krzysztof; MROZIK, Małgorzata; SMURAWSKI, Piotr. Changes in the environmental profile of a popular passenger car over the last 30 years? Results of a simplified LCA study. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 141: 208-218.

- [28] YUAN, Zhipeng, et al. Quantitative analysis on the thermodynamics processes of gasoline engine and correction of the control equations for heat-work conversion efficiency. *Energy Conversion and Management*, 2017, 132: 388-399.
- [29] GNANN, Till, et al. What is the market potential of plug-in electric vehicles as commercial passenger cars? A case study from Germany. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2015, 37: 171-187.
- [30] FAYAZ, H., et al. An overview of hydrogen as a vehicle fuel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012, 16.8: 5511-5528.
- [31] ZAKHARENKO, Roman. Self-driving cars will change cities. *Regional Science and Urban Economics*, 2016, 61: 26-37.
- [32] LEPORI, Elvia, et al. Study of the transferability of properties used for designing production systems layouts to distribution warehouse layout design. *IFAC Proceedings Volumes*, 2013, 46.9: 483-488.
- [33] AVCI, Mualla Gonca; SELIM, Hasan. A multi-agent system model for supply chains with lateral preventive transshipments: Application in a multi-national automotive supply chain. *Computers in Industry*, 2016, 82: 28-39.
- [34] BRANDENBURG, Marcus. Supply chain efficiency, value creation and the economic crisis-An empirical assessment of the European automotive industry 2002?2010. *International Journal of Production Economics*, 2016, 171: 321-335.
- [35] KENYON, George N.; MEIXELL, Mary J.; WESTFALL, Peter H. Production outsourcing and operational performance: An empirical study using secondary data. *International Journal of Production Economics*, 2016, 171: 336-349.
- [36] LETTICE, Fiona; WYATT, Clare; EVANS, Stephen. Buyer?supplier partnerships during product design and development in the global automotive sector: Who invests, in what and when?. *International Journal of Production Economics*, 2010, 127.2: 309-319.
- [37] GIANNAKIS, Mihalís; PAPADOPOULOS, Thanos. Supply chain sustainability: A risk management approach. *International Journal of Production Economics*, 2016, 171: 455-470.
- [38] BRICHA, Naji; NOURELFATH, Mustapha. Protection of warehouses and plants under capacity constraint. *Reliability Engineering & System Safety*, 2015, 138: 93-104.
- [39] ELA European Logistics Association/AT Kearney Management Consultants, 2004. *Differentiation for Performance*, Deutscher Verkehrs-Verlag GmbH, Hamburg.
- [40] GU, Jinxiang; GOETSCHALCKX, Marc; MCGINNIS, Leon F. Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European journal of operational research*, 2007, 177.1: 1-21.

- [41] ÖNÜT, Semih; TUZKAYA, Umut R.; DOĞAÇ, Bilgehan. A particle swarm optimization algorithm for the multiple-level warehouse layout design problem. *Computers & Industrial Engineering*, 2008, 54.4: 783-799.
- [42] ROUWENHORST, Bart, et al. Warehouse design and control: Framework and literature review. *European Journal of Operational Research*, 2000, 122.3: 515-533.
- [43] GU, Jinxiang; GOETSCHALCKX, Marc; MCGINNIS, Leon F. Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 2010, 203.3: 539-549.
- [44] PAZOUR, Jennifer A.; CARLO, Héctor J. Warehouse reshuffling: Insights and optimization. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2015, 73: 207-226.
- [45] KLUG, Florian. Logistikmanagement in der Automobilindustrie: Grundlagen der Logistik im Automobilbau. *Springer-Verlag*, 2010.
- [46] GYULAI, Dávid, et al. Milkrun vehicle routing approach for shop-floor logistics. *Procedia CIRP*, 2013, 7: 127-132.
- [47] YOLMEH, Abdolmajid; SALEHI, Najmeh. An outer approximation method for an integration of supply chain network designing and assembly line balancing under uncertainty. *Computers & Industrial Engineering*, 2015, 83: 297-306.
- [48] EMDE, Simon; BOYSEN, Nils. Optimally locating in-house logistics areas to facilitate JIT-supply of mixed-model assembly lines. *International Journal of Production Economics*, 2012, 135.1: 393-402
- [49] PAMUČAR, Dragan; ČIROVIĆ, Goran. The selection of transport and handling resources in logistics centers using Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC). *Expert Systems with Applications*, 2015, 42.6: 3016-3028.
- [50] EMDE, Simon; BOYSEN, Nils. Optimally routing and scheduling tow trains for JIT-supply of mixed-model assembly lines. *European Journal of Operational Research*, 2012, 217.2: 287-299.
- [51] GOLZ, Jenny, et al. Part feeding at high-variant mixed-model assembly lines. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 2012, 24.2: 119-141.
- [52] LIKER, J. K.; MEIER, D. *The Toyota Way Field book: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*, 2006 New York.
- [53] MOREIRA, Sónia Patrícia da Silva, et al. Aplicação das ferramentas lean: caso de estudo. 2011. *PhD Thesis*.
- [54] SINGH, Bhim, et al. Lean implementation and its benefits to production industry. *International journal of lean six sigma*, 2010, 1.2: 157-168.
- [55] RAHMAN, Nor Azian Abdul; SHARIF, Sariwati Mohd; ESA, Mashitah Mohamed. Lean manufacturing case study with Kanban system implementation. *Procedia Economics and Finance*, 2013, 7: 174-180.

-
- [56] KANEKO, Jun; NOJIRI, Wataru. The logistics of Just-in-Time between parts suppliers and car assemblers in Japan. *Journal of transport geography*, 2008, 16.3: 155-173.
- [57] KUHLANG, P.; EDTMAYR, Th; SIHN, W. Methodical approach to increase productivity and reduce lead time in assembly and production-logistic processes. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 2011, 4.1: 24-32.
- [58] GRAVES, ROBERT J.; KONOPKA, JOHN M.; MILNE, R. JOHN. Literature review of material flow control mechanisms. *Production Planning & Control*, 1995, 6.5: 395-403.
- [59] JUNIOR, Muris Lage; GODINHO FILHO, Moacir. Variations of the kanban system: Literature review and classification. *International Journal of Production Economics*, 2010, 125.1: 13-21.
- [60] NAUFAL, Ahmad, et al. Development of Kanban system at local manufacturing company in Malaysia-case study. *Procedia Engineering*, 2012, 41: 1721-1726.
- [61] HÜTTMEIR, Andreas, et al. Trading off between heijunka and just-in-sequence. *International Journal of Production Economics*, 2009, 118.2: 501-507.
- [62] BOYSEN, Nils; EMDE, Simon. Scheduling the part supply of mixed-model assembly lines in line-integrated supermarkets. *European Journal of Operational Research*, 2014, 239.3: 820-829.