



Projeto de armazém numa empresa de motores  
elétricos - o caso WEG euro

Cláudia Sofia da Costa Campos

UMinho | 2021

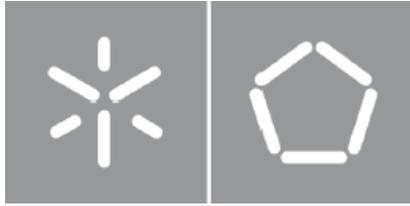


**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Cláudia Sofia da Costa Campos

**Projeto de armazém numa empresa de  
motores elétricos - o caso WEGeuro**

janeiro de 2021



**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

Cláudia Sofia da Costa Campos

**Projeto de armazém numa empresa de  
motores elétricos – o caso da WEGeuro**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação da

**Professora Doutora Maria do Sameiro Carvalho**

Janeiro de 2021

## **DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS**

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

### ***Licença concedida aos utilizadores deste trabalho***



**Atribuição**

**CC BY**

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

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de começar por agradecer ao Engenheiro Ricardo Moreira por todo o apoio, paciência e disponibilidade demonstrados durante todo o estágio e processo de escrita desta dissertação, pela receção e integração na empresa e equipa e por todos os cafés matinais. Obrigado por seres um exemplo a seguir, pela boa disposição e líder que és.

Quero também agradecer à Engenheira Carla Gonçalves e ao Engenheiro Bruno Lobo por toda a ajuda prestada tanto na fábrica de Santo Tirso como na Maia, respetivamente. Um obrigado também a toda a equipa e operadores da WEG que, de alguma maneira, estiveram presentes e, por isso, tiveram impacto neste projeto.

À professora Maria do Sameiro Carvalho por me ter aceite, orientado e acompanhado nesta fase. Por todo o cuidado e apoio que demonstrou tanto no desenrolar do projeto como na presente dissertação. E por todo o *know-how* que me transmitiu.

Aos meus pais, obrigada pelo vosso apoio incondicional, pela educação que me proporcionaram e por todo o esforço que fizeram para que nunca me faltasse nada. Ao meu irmão, obrigada pela pessoa que és, pela alegria e por toda a paciência que tiveste comigo nestes últimos anos. Ao meu namorado, por todo o apoio, carinho e por estar sempre ao meu lado, nos bons e maus momentos. E a todas as pessoas, família e amigos, que fizeram parte deste trajeto e, por isso, o tornaram menos complicado.

A todos vocês, um enorme obrigado!

## **DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE**

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

## RESUMO

O presente projeto de dissertação, intitulado “Projeto de armazém numa empresa de motores elétricos – o caso da WEGeuro”, foi realizado na WEGeuro, uma empresa produtora de motores elétricos de baixa, média e alta tensão, tendo por objetivo o projeto de um novo armazém. Esta empresa, além de apresentar níveis de produção bastante elevados tendo em conta a sua capacidade atual, está ainda a prever um aumento de produção para os próximos anos, o que obrigou ao projeto de novas instalações.

O armazém existente, localizado nas atuais instalações da WEGeuro na Maia já não possui capacidade de armazenamento suficiente para os níveis de produção atualmente em vigor, apresentando uma taxa de ocupação de, aproximadamente, 96% na área de armazenamento de paletes.

O projeto do novo armazém, localizado no Parque Empresarial da Ermida, junto à unidade de produção de Santo Tirso deverá ter capacidade para dar apoio à operação da empresa até 2030, com uma taxa de crescimento prevista para o período de 2019-2030 de, aproximadamente, 72%.

O projeto envolveu a identificação das diversas áreas, definição do *layout* do armazém, definição de localizações e *stocks*. Adicionalmente foram definidos os vários fluxos e processos do armazém. Foram ainda analisados diferentes tipos de equipamentos quer de armazenagem quer de movimentação dos produtos.

A solução proposta visa a maximização da capacidade de armazenamento e garante o número total de localizações previstas para 2030. Esta solução apresenta assim um aumento de 118,7% no número de localizações comparativamente ao que existe atualmente no armazém da Maia, tanto pelo aumento da área ocupada por esta secção do armazém como pelo aproveitamento em altura, passando de 4 e 5 níveis para 8. Para além disso, apresenta ainda uma modernização na escolha de equipamentos ao serem selecionados dois armazéns verticais automatizados, com capacidade para reduzir tempos de *picking*, para peças de menores dimensões, até 75%.

## PALAVRAS-CHAVE

Armazém, Capacidade de Armazenamento, Equipamentos, Fluxos, *Layout*.

## **ABSTRACT**

This dissertation project, entitled “Warehouse project for an electrical motors company - WEGeuro's case”, was carried out at WEGeuro, a company that produces low, medium, and high voltage electric motors, with the objective of designing its new warehouse. In addition to presenting higher production levels than what its current capacity can withstand, the company is also expecting an increase in production levels for the upcoming years, which demanded the design of new facilities.

The existing warehouse, located at WEGeuro's current facilities in Maia, no longer has sufficient storage capacity for the current production levels, with an occupancy rate of approximately 96% in the pallet storage area.

The new warehouse project, located in Parque Empresarial da Ermida, next to the production unit of Santo Tirso, should have the capacity to support the company's operation until 2030, with an expected growth rate for the 2019-2030 period of around 72%.

The project involved the identification of functional areas, definition of the warehouse layout, definition of locations of each area and stocks. Additionally, the various flows and processes of the warehouse were defined. Different types of equipment were also analysed, both for storage and product handling.

Finally, a solution was presented that aimed at maximizing storage capacity and ensuring the total number of desirable pallet locations for 2030. This solution thus presents an increase of 118,7% in the number of locations compared to what currently exists in Maia's warehouse, both by increasing the area occupied by this section, as well as the use of height, going from 4 and 5 levels to 8. This solution also presented modernization in the equipment's choice by selecting two automated vertical warehouses, which allows a reduction in the manual picking times of smaller parts by up to 75%.

## **KEYWORDS**

Equipment, Layout, Storage Capacity, Warehouse, Working Flow.

## ÍNDICE

Agradecimentos.....	III
Resumo.....	V
Abstract.....	VI
Índice.....	VII
Índice de Figuras.....	IX
Índice de Tabelas.....	XI
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	XII
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de Investigação.....	3
1.4 Estrutura da Dissertação.....	5
2. Revisão da Literatura.....	6
2.1 Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento.....	6
2.2 O papel dos Armazéns.....	8
2.3 A importância da fase de Projeto de um Armazém.....	11
2.4 Projeto de um Armazém.....	12
2.4.1 Definir os requisitos e restrições do sistema.....	13
2.4.2 Definir, obter e analisar dados.....	13
2.4.3 Unidade de carga.....	14
2.4.4 Definição de métodos de trabalho e políticas operacionais.....	15
2.4.5 Equipamentos.....	16
2.4.6 Definição de serviços e atividades extra a desempenhar.....	19
2.4.7 <i>Layout</i> .....	19
3. Caso de Estudo na empresa WEGeuro.....	24
3.1 WEG no Mundo.....	24
3.2 WEG em Portugal.....	25
3.3 A Cadeia de Abastecimento.....	27
3.4 Principais matérias primas e exemplos de produto final.....	29

4.	Caraterização e análise do estado atual do armazém da Maia.....	30
4.1	Descrição do <i>layout</i> geral e das respetivas áreas fabris .....	30
4.2	Atividades do Armazém e respetivos equipamentos.....	31
4.2.1	Receção e inspeção de Material .....	31
4.2.2	Armazenagem .....	34
4.2.3	Abastecimento à unidade produtiva.....	38
4.2.4	Expedição.....	39
4.3	Síntese dos Problemas Identificados.....	40
5.	Proposta de projeto do novo armazém .....	42
5.1	Pressupostos do projeto .....	42
5.2	Requisitos e restrições.....	43
5.3	Definição das diferentes áreas funcionais.....	44
5.4	Unidade de Carga .....	45
5.5	Seleção de Equipamentos .....	46
5.5.1	Metodologia utilizada .....	47
5.5.2	Equipamentos de Armazenamento.....	55
5.5.3	Equipamentos de Manuseamento de Cargas.....	59
5.6	Fluxo de materiais .....	63
5.7	Dimensionamento e <i>Layout</i> .....	63
5.7.1	Metodologia utilizada .....	64
5.7.2	Solução .....	65
5.8	Resultados esperados.....	71
5.9	Desafios Associados.....	72
6.	Conclusões Finais e Proposta de Trabalhos Futuros.....	74
6.1	Conclusões do Projeto .....	74
6.2	Trabalhos Futuros .....	76
	Referências Bibliográficas .....	77
	Apêndice I – Fluxos de Receção, Abastecimento e Expedição .....	81
	Apêndice II – Pressupostos e Justificação para as Relações entre as diferentes Áreas Do Armazém ...	83
	Apêndice III – <i>Layout</i> geral da nova fábrica de Santo Tirso .....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Interligação das atividades logísticas (Frazelle, 2002). .....	7
Figura 2 - Atividades e fluxos típicos de um armazém (Adaptado de Tompkins, White, Bozer, Frazelle, e Tanchoco, 2003). .....	15
Figura 3 - Diferentes tipos de layout e os fluxos correspondentes (Adaptado de Richards, 2018). .....	21
Figura 4 - Diferentes alternativas de layout para a zona de armazenamento (Adaptado de Altarazi e Ammouri, 2018). .....	22
Figura 5 - Principais decisões no design de um armazém (Adaptado de Gu et al., 2010). .....	23
Figura 6 - Unidade Motores. ....	24
Figura 7 - Unidade Automação. ....	25
Figura 8 - Unidade Energia. ....	25
Figura 9 - Unidade Transmissão e Distribuição. ....	25
Figura 10 - Unidade Tintas. ....	25
Figura 11 - À esquerda, a unidade da Maia, e à direita a unidade de Santo Tirso. ....	26
Figura 12 - Representação esquemática da Cadeia de Abastecimento da WEG Portugal. ....	28
Figura 13 - À esquerda um motor da gama HGF e à direita um motor de indução trifásico da linha Master. ....	29
Figura 14 - Layout atual da fábrica da Maia. ....	30
Figura 15 - Atividades levadas a cabo pelo Armazém. ....	31
Figura 16 - Exemplar de um empilhador elétrico (Jungheinrich, 2020). ....	32
Figura 17 - Número de paletes rececionadas por semana no ano de 2019 (PL/Semana). ....	33
Figura 18 - À esquerda um porta-paletes e à direita um stacker (Jungheinrich, 2020). ....	34
Figura 19 - Estantes Convencionais para Paletes. ....	36
Figura 20 - Área de apoio ao armazenamento de paletes. ....	37
Figura 21 - Número de materiais movimentados por trimestre no ano de 2019 (Movimentações/Trimestre). ....	39
Figura 22 - Motor já embalado e em espera na área de Expedição da unidade industrial da Maia. ....	40
Figura 23 - Via de circulação obstruída. ....	41
Figura 24 - Estado de conservação do cantilever. ....	41
Figura 25 - Empilhamento de Carcaças. ....	41
Figura 26 - Altura disponível entre os materiais e a viga superior. ....	41
Figura 27 - Layout inicial da nova infraestrutura de Santo Tirso. ....	44

Figura 28 – Unidade de carga da Chapa Magnética e das Carcaça de grandes dimensões, da esquerda para a direita respetivamente.....	46
Figura 29 – Exemplos de estrados de madeira e de aço, da esquerda para a direita respetivamente..	46
Figura 30 - Dimensões das áreas A e C do Armazém. ....	53
Figura 31 - Representação da opção 1.....	58
Figura 32 - Representação da opção 2.....	58
Figura 33 - Exemplar de um Order-Picker (Jungheinrich, 2020).....	62
Figura 34 - Metodologia para o dimensionamento de uma infraestrutura de armazenagem (Adaptado de Carvalho (2017)).....	64
Figura 35 - Relações entre as diversas áreas.....	66
Figura 36 - Layout da secção da expedição. ....	69
Figura 37 - Layout junto à receção. ....	70
Figura 38 - Fluxo de Receção.....	81
Figura 39 - Fluxo de abastecimento entre o armazém e as diferentes áreas produtivas. ....	82
Figura 40 - Fluxo de Expedição. ....	82
Figura 41 - Proposta de layout para a nova fábrica. ....	87

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo da capacidade utilizada pelos materiais da unidade industrial da Maia.....	38
Tabela 2 - Síntese dos Problemas Identificados.....	41
Tabela 3 - Distribuição das diferentes áreas de armazenamento pelos grupos A e B. ....	47
Tabela 4 - Previsão da capacidade necessária, em metros, para 2024 e para 2030 do grupo A. ....	49
Tabela 5 - Previsão do número de localizações necessárias em paletes para 2024 e para 2030. ....	50
Tabela 6 - Parâmetros para a seleção dos equipamentos de armazenagem.....	55
Tabela 7 - Características das estantes para paletes. ....	56
Tabela 8 - Comparação entre método manual ou automatizado para o picking. ....	58
Tabela 9 - Capacidade necessária para a zona de temperatura e humidade controladas. ....	59
Tabela 10 - Valores das áreas de armazenamento.....	67
Tabela 11 - Justificativa das relações entre as diferentes áreas.....	83

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS**

CAN – Capacidade de Armazenamento Necessária

NLO – Número de Localizações à Ordem

NLS – Número de Localizações para *Stock*

NTL – Número Total de Localizações

P – Peso

SA – *Stock* Atual

SF – *Stock* Futuro

SM – *Stock* Máximo

TC – Taxa de Crescimento

TCCT – Taxa de Crescimento da Carga de Trabalho

unid - Unidade

## 1. INTRODUÇÃO

O presente projeto de investigação, desenvolvido no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, visa a projeção do novo armazém da empresa WEGeuro – Indústria Eléctrica, S.A., adiante designada de WEG. No decorrer deste capítulo de introdução é feito um breve enquadramento relativo ao assunto em estudo, passando depois para os objetivos, gerais e específicos deste projeto, bem como para a metodologia aplicada. Por último, é apresentada a estrutura da presente dissertação assim como uma breve descrição dos capítulos em questão.

### 1.1 Enquadramento

O nível de serviço oferecido ao cliente, por parte de uma empresa, é o que a destaca numa competição tão presente como a atual, em que o mercado oferece inúmeras alternativas com produtos semelhantes em preço, propriedades e qualidade. As empresas tiram então partido de um bom Sistema Logístico de modo a realizar um conjunto de atividades cujo objetivo é o de criação de valor para o cliente, de forma a disponibilizar o produto certo, no momento, local e quantia certa, ao menor custo possível (Carvalho, 2017).

A utilização de armazéns, sendo pontos intermédios ao longo da cadeia de abastecimento, permite que tal objetivo seja cumprido. Os armazéns têm então um papel fundamental uma vez que permitem uma disponibilização de materiais quase imediata. Apesar de ser uma atividade não produtiva, a função de armazenagem apenas seria dispensável se substituída por um sistema de transportes regular e extremamente eficiente. Tal sistema acarretaria custos elevados devido ao transporte de pequenas quantidades em cada envio, sendo estes mais frequentes, existindo a necessidade de garantir um *trade-off* entre custos de armazenamento e custos de transporte.

Além do mais, a quantidade produzida ou encomendada de um determinado produto teria de ser imediatamente utilizada, não exigindo assim um espaço para ficar em espera. Como são raras as vezes em que tal acontece, surge a necessidade de constituir *stock* e, conseqüentemente, de possuir um espaço para armazenar o mesmo (Lopes dos Reis, 2017).

O desempenho de um armazém é influenciado pelo seu *layout*, pelo que a fase de projeto é de elevada importância. Existem inúmeros fatores que têm de ser levados em consideração quando se começa a pensar no projeto de um armazém, dos quais se podem destacar: as próprias características dos produtos; que tipo de recursos são necessários para realizar atividades de receção e expedição (Gu, Goetschalckx,

e McGinnis, 2007); o nível de serviço que se espera obter (Rouwenhorst et al., 2000); o tipo de relacionamento entre as diferentes áreas do armazém; a capacidade de armazenamento e de processamento que se espera obter; o tipo de armazenamento; a previsão de vendas; a política de gestão de *stocks* a utilizar; o aproveitamento em altura do armazém que se pretende instalar (Carvalho, 2017).

A indústria de motores elétricos é um ramo em crescente desenvolvimento na qual a empresa WEG se destaca ao fornecer motores elétricos compactos, eficientes e customizados, no menor prazo possível. Os seus motores garantem um elevado desempenho e confiabilidade de forma a superar sempre as necessidades exigidas pelos clientes para os mais diversos fins. Ao longo dos últimos anos a empresa acima referida tem sentido um crescente aumento nos níveis de produção que justificou a necessidade de criar um Plano Estratégico até 2030, onde são esperados níveis de produção ainda mais elevados. Posto isto, surgiu a necessidade de construir uma nova unidade fabril de maiores dimensões que as atuais, para conseguir responder à tendência de crescimento que se avizinha, o que, por sua vez, leva há necessidade de construção de um novo armazém que futuramente alimentará a produção desta nova fábrica. Atualmente a WEG já conta com duas unidades fabris, uma em Santo Tirso, para produzir motores elétricos de baixa tensão de pequenas dimensões, e outra na Maia, para produzir motores elétricos de baixa tensão de dimensões superiores, assim como os de alta tensão. A nova unidade fabril, a ser construída também em Santo Tirso e ao lado da já lá existente, irá então substituir a fábrica da Maia fornecendo uma maior capacidade de produção bem como melhores condições para todas as pessoas envolvidas. O respetivo armazém acarretará as funções do atual na Maia, terminando assim o seu contrato de aluguer, pelo que a WEG passa a contar com uma estrutura própria. O presente projeto de investigação centrar-se-á então no projeto do novo armazém.

## **1.2 Objetivos**

O cerne desta dissertação é o projeto do novo armazém da WEG, tendo sempre como objetivo a maximização da capacidade de armazenamento. Para além disso, é ainda necessário garantir uma boa utilização do espaço disponível, uma eficiente utilização dos recursos necessários, bem como o de permitir a máxima liberdade possível na movimentação de cargas, visando sempre a minimização das distâncias percorridas. Por último e não menos importante, é ainda fundamental garantir a máxima segurança possível para todas as pessoas envolvidas.

De uma forma mais específica, pretende-se:

- Definir o *layout* do novo armazém;
- Definir sistemas de armazenamento a utilizar;
- Definir meios de manuseamento a utilizar;
- Definir os fluxos de materiais entre as diferentes áreas funcionais do armazém;
- Definir os fluxos de materiais entre o armazém, as diferentes zonas produtivas da nova fábrica e a fábrica já existente atualmente em Santo Tirso.

A obtenção destes objetivos envolve decisões como a determinação do número, disposição e orientação espacial nas estantes, a presença ou não de um corredor central dentro da zona de armazenamento e o tipo de equipamento a utilizar ao efetuar as tarefas de *picking*.

Para tal, deve ser analisado o investimento a suportar e a capacidade de armazenamento oferecida (Yener e Yazgan, 2019), assim como as características das matérias-primas envolvidas e dos produtos finais, as necessidades que advêm do seu manuseamento e transporte e os desafios encontrados no atual armazém da Maia.

De forma a capacitar o novo armazém de flexibilidade, tentar-se-á utilizar a mesma unidade de carga para o maior número possível de materiais de forma a serem utilizados os mesmos equipamentos de armazenamento e de movimentação. Desta forma, será possível armazenar diferentes produtos, com dimensões e peso variados, no mesmo local, mesmo que a necessidade do cliente vá variando ao longo do tempo.

Ainda no decorrer da presente dissertação, será abordada uma questão de investigação que visa perceber quais os principais desafios associados ao projeto de um armazém de apoio à produção.

### **1.3 Metodologia de Investigação**

A metodologia de investigação seguida ao longo da presente dissertação foi o estudo de caso. Esta estratégia de investigação foi utilizada numa tentativa de compreender de modo mais aprofundado e detalhado as particularidades existentes num determinado caso real. Ao aplicarmos esta metodologia, o momento da recolha de informação revela-se uma fase crucial uma vez que permite responder a

questões como “O quê?”, “Porquê?” e “Como?”, que caracterizam um determinado problema e que deram origem à própria investigação (Saunders, Lewis, e Adrian, 2009).

Numa primeira fase foi realizada uma revisão de literatura onde se fez uma abordagem geral às temáticas de armazenamento, manuseamento de materiais e dimensionamento do espaço. Esta revisão tornou-se bastante útil numa tentativa de perceber o que já foi feito na área e quais as dificuldades sentidas pelos diversos investigadores. De forma a alcançar uma visão mais alargada sobre a temática em questão foram utilizadas diversas fontes bibliográficas, nomeadamente primárias, secundárias e terciárias. Esta estratégia de investigação permitiu assim compreender melhor toda a complexidade e particularidades existentes no Sistema Logístico encontrado na empresa.

Depois, seguiu-se a fase de levantamento da situação atual. Nesta fase foi feito um estudo exaustivo sobre o ambiente em questão, onde foram observadas e analisadas as diversas atividades levadas a cabo em condições reais e atuais do presente estudo de caso. O objetivo passou por, primeiro, compreender como é que os diferentes materiais eram rececionados, movimentados, armazenados e expedidos, e quais as interações e fluxos existentes, tendo sempre em consideração as características dos produtos envolvidos. Tudo isto numa tentativa de obter uma visão mais detalhada e real da situação atual na fábrica da Maia. Esta fase tornou-se assim decisiva de modo a definir os requisitos do futuro armazém, pois é a fase onde se recolhem os dados que irão servir de base para todo o projeto.

Após obtenção e análise de todos os dados necessários para a resolução do problema em causa, começou a fase de dimensionamento do novo armazém. Para tal, e de modo a garantir a qualidade e a funcionalidade da solução, sentiu-se a necessidade de, primeiro, definir quais os pressupostos, assim como os requisitos e as restrições do projeto. Com estes parâmetros bem delineados, passou-se então para o dimensionamento do novo armazém onde foram definidas as diferentes áreas a implementar, as necessidades específicas de cada uma, as relações entre elas, a localização e os respetivos equipamentos a utilizar. Ao longo de todo este processo, foram criadas diversas alternativas no *software* AutoCAD, incidindo a decisão na opção que, para além do cumprimento de todos os requisitos e restrições anteriormente mencionados, fosse a alternativa que garantisse a maximização da capacidade de armazenamento. Esta fase acabou por se tornar na fase mais longa deste projeto devido à complexidade e quantidade de dados em estudo. Aqui a condicionante central serão as dimensões exteriores do armazém que já se encontram definidas, o que irá limitar a quantidade e qualidade de soluções encontradas.

## 1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos, resumidos em seguida. O capítulo 1 faz uma breve introdução e enquadramento ao tema em análise, onde são definidos os objetivos do caso de estudo e a metodologia aplicada assim como um breve resumo da estrutura da presente dissertação.

Já o capítulo 2 contém a revisão da literatura existente relativa aos assuntos abordados. Aqui faz-se uma breve revisão a determinados conceitos considerados pertinentes de modo a enquadrar o projeto em estudo. Numa primeira fase começa-se pela definição da própria Cadeia de Abastecimento e da Logística, introduzindo a problemática dos armazéns e passando depois pela sua criticidade no que diz respeito às Cadeias de Abastecimento. Com estes temas em mente, segue-se a relevância da fase de projeto de um novo armazém e, finalmente, as várias fases constituintes de um projeto com esta magnitude.

O capítulo 3 apresenta a empresa na qual foi realizado o presente projeto de investigação. Aqui, são apresentadas as diversas áreas de negócio na qual a WEGeuro está presente, passando depois para as unidades portuguesas e os setores onde estas se incluem. Este capítulo acaba com uma caracterização das principais características das matérias-primas utilizadas pela WEGeuro da Maia e alguns exemplos de produto final.

No capítulo 4 faz-se uma breve análise à situação atual do armazém da Maia e nele incluem-se todas as atividades desempenhadas atualmente neste espaço. Para além disso, abordam-se ainda tópicos como o *layout*, materiais, equipamentos e capacidade atual, fazendo posteriormente uma síntese de alguns problemas identificados.

O capítulo 5 visa a apresentação da proposta de projeto para o novo armazém e começa pela definição dos pressupostos, requisitos e restrições do projeto. Tendo estes três pontos definidos, passou-se para a definição da unidade de carga, a seleção de equipamentos e suas capacidades e a definição de fluxos de materiais existentes. Finalmente, dimensionaram-se todas as áreas do armazém, apresentou-se uma proposta de *layout* e os resultados esperados que daí advém.

Por fim, no capítulo 6 são apresentadas as conclusões finais desta dissertação e as propostas para trabalhos futuros criadas a partir deste projeto.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo pretende-se realizar uma pesquisa bibliográfica sobre contribuições científicas na área de projeto de armazéns de modo a suportar o projeto de investigação. Numa primeira fase, é feita uma investigação relativamente ao papel e à relevância dos armazéns na Gestão da Cadeia de Abastecimento, que têm vindo a ganhar cada vez mais destaque ao longo dos anos. Posteriormente é feita uma pesquisa de trabalhos na área de projeto de armazéns de forma a identificar o estado da arte relacionado com os desafios, metodologias e boas práticas no projeto de armazéns.

### 2.1 Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento

A tendência rumo à globalização não só proporciona às empresas inúmeras oportunidades, como diversos desafios. Com mercados cada vez mais competitivos e em constante mudança, as cadeias de abastecimento são forçadas a adaptarem-se a ritmos cada vez mais elevados e a utilizar a própria cadeia de abastecimento como vantagem competitiva (Glatzel e Niemeyer, 2014).

Esta vantagem é necessária uma vez que com uma oferta tão elevada como a atual, as pressões exercidas pelos diversos mercados colocam também um enorme *stress* sobre os elementos da cadeia de abastecimento (Hausladen e Dachsel, 2017). As empresas que mais cedo perceberem a necessidade de mudar e gerir a Cadeia de Abastecimento de forma mais integrada, de forma mais conjunta com os diversos parceiros, irão ser aquelas que ultrapassarão as crises de forma mais suave. Christopher e Towill (2002) referem ainda no seu artigo que a chave para a sobrevivência das cadeias é através da agilidade, em particular pela criação de cadeias de abastecimento mais reativas, ou seja, que sejam capazes de responder mais rapidamente a alterações na procura. Esta junção entre integração das cadeias e a agilidade das mesmas irá fazer com que atinjam níveis mais elevados de eficiência, com excelentes níveis de serviço ao cliente (Carvalho, 2017).

De acordo com Vitasek (2013), uma Cadeia de Abastecimento engloba um conjunto de entidades parceiras, desde fornecedores e empresas prestadoras de serviços a clientes, onde existe transferência de materiais e de informação ao longo de todo o processo logístico, incluindo o momento da transformação das matérias-primas e a entrega ao cliente final. Um aspeto importante nestas cadeias é a gestão dos seus fluxos, quer sejam fluxos de produtos e/ou serviços, fluxos de informação ou fluxos financeiros.

Para que as organizações consigam manter-se competitivas num mercado dinâmico e cheio de incertezas, estas enfrentam desafios como tempos de entrega cada vez menores, capacidade de resposta em tempo real e capacidade de lidar com um maior número de pedidos. (Rouwenhorst et al., 2000; Gong e de Koster, 2011). A função logística, sendo parte constituinte da cadeia de abastecimento, é um dos elementos responsável por atingir tais objetivos.

Segundo o *Council of Supply Chain Management Professionals*, Logística é a parte da Gestão da Cadeia de Abastecimento que é responsável por planear, implementar e controlar o eficiente e eficaz fluxo direto e inverso e as operações de armazenagem de bens, serviços e informação relacionada entre o ponto de origem e o ponto de consumo, de forma a ir ao encontro das necessidades dos clientes (CSCMP, 2020). Do mesmo modo, Carvalho e Filipe (2014) consideram que “a função logística ocupa-se da gestão dos fluxos materiais e informacionais que estão associados direta e indiretamente à satisfação das encomendas de clientes, incluindo compras (de matérias-primas e outros bens e serviços), armazenagem e transporte.” A logística assume assim um papel crucial na gestão dos fluxos das cadeias de abastecimento.

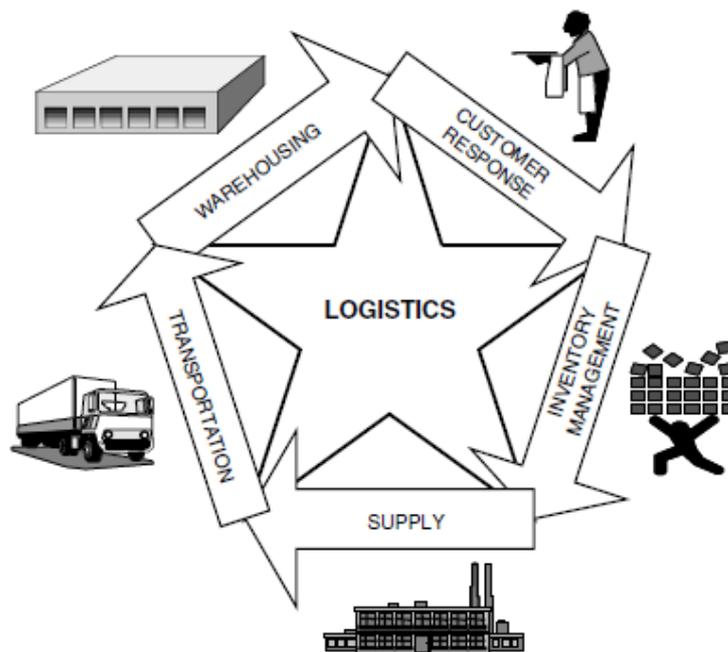


Figura 1 - Interligação das atividades logísticas (Frazelle, 2002).

De uma forma resumida, pode-se afirmar que, através da logística, pretendem-se criar condições que permitam o escoamento dos produtos, na quantidade certa e da forma mais fluída e rápida possível, visando uma entrega atempada aos clientes e, conseqüentemente, ao consumidor final. De acordo com

Frazelle (2002), a logística é composta por 5 atividades, todas elas interligadas, tal como se pode ver na Figura 1. As atividades logísticas são as seguintes:

- Contacto com o cliente;
- Planeamento e gestão de *stocks*;
- Fornecimento;
- Transporte;
- Armazenamento.

As atividades logísticas, sendo fundamentais para qualquer área de negócio, devem ser obrigatoriamente cumpridas de forma a entregar o produto certo ao cliente certo. De forma a cumprir tal objetivo, essas mesmas atividades exigem inúmeros recursos, tais como armazéns, pessoas, *stocks* e meios de movimentação, que por sua vez têm um impacto significativo nos ativos das empresas. Nos últimos anos tem-se observado uma tendência crescente no aumento dos custos logísticos, sendo que no final de 2015 representavam cerca de 9,56% do valor total das vendas das empresas (Establish, 2016). Destes, como referido anteriormente, 22,6% devem-se aos armazéns e às atividades por eles desenvolvidas. Sendo este o segundo maior custo logístico e tendo um impacto direto no transporte, que representa um custo maior de cerca de 49%, pode-se afirmar que os armazéns desempenham um papel crucial no futuro de qualquer empresa, determinando o seu sucesso ou insucesso (Frazelle, 2002).

## **2.2 O papel dos Armazéns**

Os armazéns, como parte integrante das operações logísticas, são um componente essencial em qualquer cadeia de abastecimento (Gu, Goetschalckx, e McGinnis, 2007; R. De Koster, Le-Duc, e Roodbergen, 2007; Gue, Ivanović, e Meller, 2012; Boysen, de Koster, e Weidinger, 2019). Estes desempenham um papel fundamental ao facilitar a movimentação de produtos da forma mais eficiente possível entre a procura e o respetivo fornecedor, podendo até mesmo possibilitar retornos e atividades de personalização. Assim, acabou-se com a visão tradicional de «pontos mortos», onde eram apenas utilizados como centros de armazenamento, para centros onde se agrega valor aos produtos (De Koster, Johnson, e Roy, 2017).

Apesar da sua importância globalmente reconhecida, ainda traz consigo acoplada uma imagem negativa em termos de custos. Na maioria dos casos, os armazéns implicam grandes investimentos em termos

de custo do terreno, construção do edifício e, dependendo do grau de automação a implementar, em sistemas de armazenamento e equipamentos para a movimentação de materiais, além dos próprios custos operacionais associados. No entanto, uma cadeia de abastecimento sem *stocks* é uma utopia (Richards, 2018). Numa realidade em que os mercados estão cada vez mais imprevisíveis é necessário criar pequenos pontos de *stock* entre os diversos níveis das cadeias de abastecimento.

Além de constituir *stocks*, os armazéns também são responsáveis por permitir custos unitários de mercadoria e transporte mais baixos; suportar a produção de grandes lotes; e permitir a existência de informação precisa e atempada relativa ao *stock* existente (Lambert, Stock, e Ellram, 1998). Segundo Gu, Goetschalckx, e McGinnis (2007), um armazém também pode servir de almofada para acomodar a variabilidade sentida tanto a nível de produção como de transporte, evitando assim possíveis roturas de *stock*.

Assim, pode-se afirmar que existe uma necessidade de constituir *stocks* e de possuir infraestruturas de armazenagem de forma ainda a (Lambert, Stock, e Ellram, 1998; Stevenson, 2015; Carvalho, 2017; Bartholdi e Hankman, 2019):

- Ir ao encontro das variações da procura;
- Combater a sazonalidade;
- Superar o desfasamento temporal entre a procura e a oferta;
- Reduzir tempos de resposta;
- Consolidar produtos;
- Desempenhar atividades de valor acrescentado;
- Realizar o transbordo de materiais;
- Servir de plataforma de *cross-docking*;
- Servir de pontos de adiamento da produção;
- Servir de local para a devolução de produtos;
- Permitir atingir o nível de serviço oferecido pela empresa.

De modo a manterem-se competitivas, as cadeias de abastecimentos estão a tentar otimizar os seus armazéns ao máximo. Isto porque, com clientes a exigirem que os seus produtos sejam entregues o

mais rapidamente possível, a sua capacidade de resposta está-se a tornar cada vez mais importante (Ang e Lim, 2019). No entanto, a entregas rápidas estão associados custos de transporte elevados, custos estes que os clientes não estão dispostos a suportar. Com o intuito de contornar isso, as cadeias de abastecimento estão a colocar os seus armazéns o mais perto possível dos mercados onde é previsível ocorrerem vendas ou consumos. Outros fatores que também afetam o nível de serviço prestado ao cliente é a própria disponibilidade dos produtos, que consequentemente acarreta custos de armazenamento, e a exatidão com que os mesmos são recolhidos e enviados. Contudo, com os efeitos da globalização e com a evolução do mercado *e-commerce*, estes desafios estão-se a tornar cada vez mais difíceis de suportar devido ao elevado número e variedade de pedidos, sempre em pequenas quantidades.

Assim, pode-se identificar a existência de diversos *trade-offs* que podem afetar o desempenho de qualquer armazém, pelo que o objetivo será aumentar o nível de serviço ao cliente enquanto se reduzem inventários e os custos associados (Wild, 2002). Caso as empresas não consigam atingir esse objetivo, o baixo desempenho dos seus armazéns pode resultar em custos elevados e, consequentemente, em clientes insatisfeitos (Wruck, Vis, e Boter, 2017).

De uma forma resumida, a empresa Cirrus Logistics (2020), uma empresa de software especializada no desenvolvimento de soluções para cadeias de abastecimento, afirma que cada vez mais os armazéns irão enfrentar problemas como:

- Necessidade de atingir melhores níveis de serviço, mantendo os custos baixos;
- Conceder prazos de entrega o mais curtos possíveis ou, pelo menos, aceitáveis pelos mercados;
- Uma constante pressão para atingir mais, com menos;
- Minimizar a sua pegada ambiental.

De forma a superar tais dificuldades, as cadeias de abastecimento necessitam de armazéns flexíveis que forneçam qualidade, eficiência e eficácia às operações logísticas (Geraldes, Carvalho, e Pereira, 2008). De acordo com a empresa Penske Logistics (2020), esta melhoria logística vai ser a base para uma cadeia de abastecimento igualmente eficiente. Assim, a sua fase de projeto torna-se fundamental uma vez que todas as restrições e características irão ser aí definidas e irão afetar um horizonte temporal alargado (Carvalho, 2017).

### 2.3 A importância da fase de Projeto de um Armazém

Tal como já foi mencionado anteriormente, os armazéns têm um grande impacto tanto no nível de serviço oferecido ao cliente como nos custos logísticos associados. Além disso, as atividades por eles desenvolvidas podem atingir um elevado grau de complexidade, pelo que se torna imperativo que os armazéns sejam pensados e projetados de forma a conseguirem cumprir com as suas funções do modo mais económico possível (Baker e Canessa, 2009). Assim, a fase de projeto do novo armazém motiva especial atenção uma vez que tanto a sua eficiência como grande parte dos custos logístico irão ser aí determinados (Rouwenhorst et al., 2000; Peixoto, Dias, Carvalho, Pereira, e Geraldês, 2016; Mourtzis, Samothrakis, Zogopoulos, e Vlachou, 2019). Stevenson (2015) refere ainda que as decisões tomadas durante esta mesma fase são de elevada importância por três motivos:

- pelo elevado investimento de dinheiro e esforço;
- pelo facto de envolverem um compromisso a longo prazo, o que faz com que as possíveis falhas sejam difíceis de contornar;
- por terem um impacto significativo no custo e eficiência das atividades aí realizadas.

Além da importância da tarefa, Hassan (2002) menciona ainda que se trata de uma missão bastante complexa por vários motivos. Primeiro, porque um *layout* engloba várias decisões e muitas delas interligadas, o que as tornam difíceis de resolver de forma ideal. Depois, existem muitas condicionantes que afetam o tempo de deslocação, os custos de manuseamento e a produtividade do armazém, das quais podemos destacar as próprias características dos materiais ou até mesmo a política de *picking* definida pela empresa. Por último, tais condicionantes podem até mesmo interagir entre si, e essas interações devem ser consideradas no projeto do armazém.

Assim que atingirmos uma solução final, um *layout* eficiente deve ser capaz de reduzir os custos de manuseamento, melhorar o nível de serviço prestado aos clientes, ter uma boa utilização do espaço disponível, reduzir a fadiga e a rotatividade dos operadores assim como melhorar a eficiência das operações (Gu et al., 2007; R. De Koster et al., 2007; R. B. M. De Koster et al., 2017). Caso esta missão não seja alcançada, ou seja, caso o *layout* esteja inadequadamente dimensionado, pode-se enfrentar problemas como: percursos demasiado longos ou confusos, filas de espera, tempos de processamento elevados, operações não flexíveis e fluxos imprevisíveis, resultando em custos elevados (Slack, Brandon-Jones, e Johntson, 2013).

Sendo o projeto de um armazém uma decisão estratégica para qualquer empresa, devemos sempre ter em consideração determinados aspetos, tais como (Heizer e Render, 2011; Slack et al., 2013; Stevenson, 2015):

- Um armazém deve permitir um fluxo eficiente de materiais, pessoas e informação;
- Deve eliminar movimentos desnecessários de pessoas ou de materiais;
- Deve haver uma boa utilização do espaço, equipamentos e pessoas;
- Deve visar a segurança de todos os trabalhadores envolvidos;
- Deve minimizar o percurso efetuado pelos materiais e torná-lo o mais desimpedido possível;
- Deve-se reduzir ao máximo o número de vezes em que é necessário haver manipulação de materiais;
- Deve existir facilidade de acesso a todos os materiais armazenados;
- Deve garantir flexibilidade a longo prazo.

## **2.4 Projeto de um Armazém**

Sabendo que o dimensionamento de um armazém é uma tarefa altamente complexa, isto devido ao elevado número de decisões inter-relacionadas e, por vezes, conflituosas, seria fulcral estabelecer um procedimento geral para o desenho de um novo armazém. A dificuldade acrescida que existe no projeto de um armazém acaba também por prejudicar a qualidade das soluções resultantes, tornando até mesmo pouco provável atingir uma solução considerada ótima ou ideal (Baker e Canesssa, 2009). De forma a tentar simplificar esta tarefa, vários autores propuseram diferentes métodos e soluções, como Hassan (2002) e Gu, Goetschalckx e McGinnis (2010). Também Oxley (1994) conseguiu resumir o processo de projetar um novo armazém numa série de etapas. Estas etapas, apesar de serem apresentadas numa estrutura aparentemente sequencial, são executadas de forma iterativa uma vez que decisões de etapas subsequentes podem obrigar a repensar as decisões tomadas em etapas precedentes. As etapas sugeridas por Oxley (1994) são as seguintes:

1. Definir os requisitos e as restrições do sistema;
2. Definir e obter dados;
3. Analisar os dados;

4. Estabelecer a unidade de carga a utilizar;
5. Determinar métodos de trabalho e políticas operacionais;
6. Refletir sobre o tipo e características dos equipamentos necessários;
7. Calcular a capacidade e o número de equipamentos a utilizar;
8. Definir que tipo de serviços irão ser prestados pelo armazém ao cliente;
9. Criar diferentes alternativas de *layout*;
10. Avaliar e analisar a qualidade das soluções;
11. Identificar o *design* preferível.

Estas etapas são apresentadas nas subsecções seguintes.

#### 2.4.1 Definir os requisitos e restrições do sistema

Numa etapa inicial, Oxley (1994) começa com a definição dos requisitos e restrições do armazém que servirão de mote para todo o projeto. Aqui, a equipa responsável pelo desenho do novo armazém tem de ter em consideração o crescimento previsto para a empresa para os anos seguintes e só assim é que poderá estabelecer os requisitos e as restrições a obedecer. Nesta fase terá de se decidir o papel do futuro armazém (por exemplo, se vai atuar como plataforma de *cross-docking* ou se vai servir de apoio à produção), a capacidade de armazenamento e de processamento a que se tem de obedecer de forma a garantir a procura prevista, o nível de serviço que se pretende alcançar e as atividades extra a serem desenvolvidas, como por exemplo atividades de valor acrescentado. Questões como a data em que o armazém tem de estar pronto e em total funcionamento, limites financeiros e determinados assuntos técnicos que dependem do tipo de indústria a apoiar, são outros assuntos que também devem ser discutidos nesta fase embrionária do projeto (Rushton, Oxley, e Croucher, 2000).

#### 2.4.2 Definir, obter e analisar dados

Depois, seguem-se as etapas de definir e obter dados e, posteriormente, analisá-los, que servirão de base para todo o projeto. Tendo em conta que os dados recolhidos refletem uma realidade transata, estes terão de ser ajustados de forma a poderem representar o futuro do armazém. Ou seja, aos dados atuais será aplicada uma taxa de crescimento de forma a que estes sejam projetados de acordo com o plano de vendas previsto. Um ponto a enfatizar aqui é o de garantir que os materiais obsoletos não sejam

contabilizados, isto porque não faz sentido criar um armazém novo e estar a reservar espaço ou até mesmo a transferir materiais que já não estejam em utilização (Richards, 2018).

Os dados típicos necessários para o *design* de um armazém incluem:

- Informações relativas aos produtos: nível de inventário, dimensões, peso, restrições de temperatura, humidade e manuseamento, tipo de embalagem, previsão de crescimento, etc.
- Características dos pedidos: frequência dos pedidos, quantidade a movimentar, unidade de movimentação, requisitos de pedidos prioritários, etc.
- Informações sobre a receção e a expedição: tipo e tamanho dos veículos, qual a carga unitária, quantidade de paletes por veículo, método de carga e descarga e se se tratam de veículos próprios ou de terceiros.
- Operações básicas, fluxos e áreas funcionais.
- Informações relativas ao terreno ou ao edifício (se já estiver construído): localização, dimensões, acessos, possibilidade de expansão e mapas topográficos.
- Quaisquer infraestruturas e/ou equipamentos que possam ser reaproveitados para o novo armazém.

#### 2.4.3 Unidade de carga

Uma etapa fundamental é a escolha da unidade de carga a utilizar, como por exemplo paletes ou caixas. Esta, apesar de ser uma decisão aparentemente simples, traz acopladas algumas limitações para os passos seguintes. Esta escolha, além de afetar o modo como os materiais são armazenados e movimentados, o que por sua vez limita a escolha de estruturas de armazenagem e de equipamentos para a movimentação de materiais, afeta também a própria política de *picking* e a forma como o armazém faz o abastecimento à produção.

Segundo Rushton, Baker, e Croucher (2017) a unidade de carga mais comum é a paleta de madeira. Existem paletes *standard*, como por exemplo a Europaleta com dimensões de 1200 x 800 mm, que servem para garantir uma certa uniformização no armazenamento e no manuseamento de materiais e para tentar otimizar o espaço disponível, e paletes não *standard*, que são desejáveis para produtos de maiores dimensões e, por vezes, com características únicas. A utilização de paletes torna-se uma solução prática para qualquer armazém visto que, normalmente, os materiais já vêm dispostos em paletes a partir do fornecedor (Rushton et al., 2000). No entanto, como normalmente se dá entrada a uma grande

quantidade de materiais de uma só vez e o cliente pode pedir apenas uma unidade, pode ser observada uma mudança gradual da unidade de carga à medida que os materiais fluem pelo sistema (Bartholdi e Hankman, 2019).

#### 2.4.4 Definição de métodos de trabalho e políticas operacionais

A fase seguinte tem a ver com a definição de métodos de trabalho e políticas operacionais para cada atividade do armazém, pelo que se torna necessário definir primeiro as diferentes áreas e fluxos envolvidos, que foram discutidas no ponto 2.4.2, presente neste mesmo capítulo. Segundo R. De Koster et al. (2007), as principais atividades de um armazém incluem a receção, transferência e armazenamento, *picking*, acumulação e divisão, *cross-docking* e expedição, tal como se pode ver representado na Figura 2. Para além destas, cabe à equipa responsável pelo projeto a definição ou não de mais atividades, conforme a necessidade de cada tipo de indústria. Um dos desafios aqui é perceber a forma como as diferentes atividades interagem entre si e quais os fluxos envolvidos (Gu, Goetschalckx, e McGinnis, 2010).

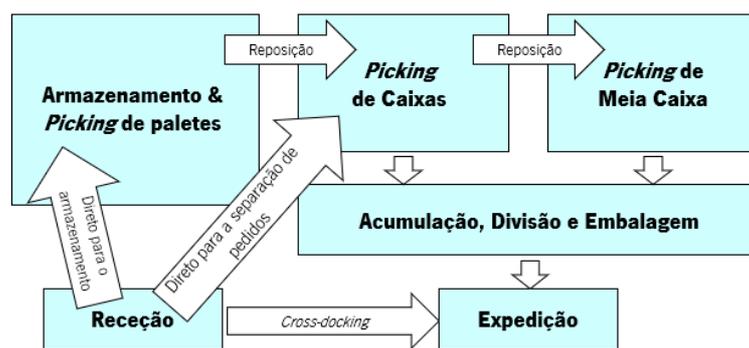


Figura 2 - Atividades e fluxos típicos de um armazém (Adaptado de Tompkins, White, Bozer, Frazelle, e Tanchoco, 2003).

Para R. De Koster et al. (2007), a atividade mais trabalhosa e que representa grande parte dos custos logísticos é o *picking*, podendo representar até 55% dos custos totais de um armazém. Além da elevada mão-de-obra, esta atividade pode até mesmo tornar-se difícil de automatizar, difícil de planejar, é propensa ao erro e tem um impacto direto no nível de serviço prestado ao cliente (Richards, 2018). Quando se fala em “erro”, enfrentam-se questões como produtos trocados, quantidades erradas ou pedidos incompletos. Aqui a tarefa do *picker* consiste na recolha dos produtos certos, na quantidade certa e de forma a satisfazer as necessidades dos clientes, pelo que vai ter um impacto direto no trinómio Logístico tempo-custo-qualidade (Carvalho, 2017):

- quanto mais rápido for o *picking*, mais depressa se consegue fazer a entrega ao cliente (tempo);
- quanto mais eficiente for o *picking*, mais baixo será o custo para o cliente (custo);

- quanto mais eficaz for o *picking* (sem erros), maior é a qualidade de entrega (qualidade).

Tendo em conta os custos associados, esta atividade torna-se fulcral para o bem-estar de qualquer cadeia de abastecimento (Frazelle, 2002). De forma a aumentar a eficiência e produtividade desta atividade, o objetivo passa por diminuir o tempo gasto em movimentações, na esperança de uma redução nos custos operacionais associados (Richards, 2018). Para tal, K. Roodbergen e Vis (2006) sugerem uma implementação cuidada de três estratégias operacionais: o tipo de rota a efetuar, a política de *picking* a obedecer e a forma como os produtos estão organizados ao longo do armazém. Gu et al. (2007) vão mais longe e identificam outros problemas operacionais que também se têm de ter em consideração para o bom funcionamento de um armazém, sendo eles a alocação de veículos a determinados cais, a definição de horários para receção e expedição, a alocação e escalonamento de equipamentos de movimentação, a atribuição de zonas dentro da área destinada ao armazenamento, entre outras. Este tipo de decisões, apesar de serem questões ao nível operacional e poderem ser alteradas a qualquer momento, também deve levar especial atenção na fase de desenho uma vez que a eficiência operacional é fortemente afetada pelas decisões tomadas durante a fase de desenho dos armazéns (Gu et al., 2010).

#### 2.4.5 Equipamentos

Com a unidade de carga, atividades, fluxos e políticas definidas, passa-se então a decidir sobre os equipamentos a utilizar, tanto para o armazenamento como para as movimentações. Oxley (1994) alega que o projeto de um armazém deve ser predominantemente focado nos requisitos necessários para a boa utilização dos equipamentos de armazenagem e de movimentação e que o resto das etapas devem-se adaptar às decisões aqui estabelecidas, pelo que no final desta etapa poderá ou não ser necessário rever as decisões anteriores. Este cuidado relativamente aos equipamentos a selecionar deve-se maioritariamente ao facto de estes serem responsáveis por atingir dois fatores, velocidade e variedade, que são críticos para o sucesso das empresas (Logística Moderna, 2020).

Para a escolha dos equipamentos de armazenamento mais apropriados, Richards (2018) sugere quatro elementos chave, representados na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, e que devem ser tidos em consideração uma vez que irão influenciar a realidade do futuro armazém. Posto isto, a escolha do método de armazenamento depende:

- Capacidade de armazenamento necessária;
- Equipamentos de movimentação de cargas;

- Estrutura física do armazém;
- Orçamento disponível.

Para além destes quatro fatores e de modo a selecionar o equipamento que melhor se adequa às necessidades de cada realidade, a empresa especialista em métodos de armazenamento Mecalux (2014) vai mais longe e sugere ainda a recolha de dados relativos a:

- Quantidade de paletes a serem armazenadas;
- Número de referências;
- Número de paletes por referência;
- Espaço disponível;
- Operação geral (fluxos de materiais);
- Equipamentos de manutenção disponíveis ou que possam ser substituídos.

Com toda esta informação recolhida e analisada, já se pode tomar uma decisão entre os equipamentos considerados.

De uma forma resumida, dependendo dos produtos a armazenar e da unidade de carga escolhida, as soluções de armazenamento existentes são (Richards, 2018; Bartholdi e Hankman, 2019; Mecalux, 2019):

- Estante convencional;
- Estante convencional com dupla profundidade;
- Estante para paletização *push-back*;
- Estante para paletização compacta (*drive-in* e *drive-through*);
- Estante para paletização dinâmica;
- *Pallet Shuttle* automático ou semiautomático;
- Estantes móveis;
- Estantes *cantilever*;

- Empilhamento a partir do solo;
- Armazenamento automático para paletes;
- Armazém Vertical Automático;
- Carrossel Vertical ou Horizontal.

Do mesmo modo, também a escolha relativamente aos equipamentos de manuseamento de cargas depende da infraestrutura de armazenamento selecionada. Para Richards (2018), além desta interdependência, a decisão referente ao meio de manuseamento deve ponderar os seguintes fatores:

- O tipo de materiais a movimentar e a unidade de carga;
- A atividade a executar;
- As dimensões do armazém (altura e distâncias a percorrer);
- Limitações de altura;
- O tipo de superfície e a existência ou não de alguma inclinação;
- A área disponível para movimentações;
- Pressões ambientais.

Assim que o tipo de equipamentos para a movimentação de materiais esteja definido, tem de se refletir relativamente à quantidade de equipamentos a adquirir por cada tipologia. Esta quantidade vai depender não só da produtividade necessária para cada atividade, mas também do tamanho e da frequência dos pedidos (Rushton et al., 2000). Outro ponto a ter em consideração é o lado estratégico desta decisão. Para atividades cruciais para o funcionamento do armazém, ter apenas um equipamento que consiga desempenhar determinada atividade é um risco, porque assim que esse mesmo equipamento tiver uma avaria, essa atividade fica impossível de se concretizar, podendo até mesmo comprometer todo o desempenho do armazém.

A decisão relativa aos equipamentos a utilizar torna-se assim crítica uma vez que afeta os custos e a eficiência do armazém, tem riscos associados, tem um determinado impacto ambiental, obriga a manutenção e a revisões dos equipamentos de forma periódica e pode afetar a segurança dos operadores (Manzini, Bozer, e Heragu, 2015).

#### 2.4.6 Definição de serviços e atividades extra a desempenhar

De forma a cumprir com o nível de serviço prometido ao cliente, pode ser necessário adicionar determinadas atividades extra para complementar as atividades básicas previamente definidas, e por isso devem ser reservados espaços para tal. Quando se fala em atividades extra está-se a falar em atividades como etiquetagem, embalamento, atribuição de preços e de etiquetas identificadoras ou determinadas atividades de customização, conforme as necessidades específicas de cada cliente. Além das atividades necessárias para se finalizar os produtos, podem-se ainda fornecer serviços de reparação aos restantes clientes de modo a melhorar a qualidade do serviço prestado.

Para além disso, também devem ser contemplados espaços que permitam o bom funcionamento do armazém, pelo que será necessário reservar uma área para serviços de apoio à manutenção, locais próprios para armazenamento de produtos de limpeza e peças sobresselentes, pontos de carregamento de empilhadores, escritórios, casas de banho, depósitos de resíduos, entre outros. A definição deste tipo de atividades e serviços é pertinente numa fase tão inicial como a fase de *design* de um armazém uma vez que, sendo parte constituinte do *design* geral, devem ser tratadas de igual modo que as restantes atividades (Rushton et al., 2000).

#### 2.4.7 *Layout*

Dentro das possíveis funções objetivo, tais como custo, distância percorrida, utilização de recursos (espaço disponível, equipamentos e mão-de-obra), acessibilidade ou tempo de atravessamento, de Koster et al. (2007) afirmam que ter em consideração todas essas decisões e tentar otimizá-las num só *layout* é uma tarefa altamente complexa. O que se pode fazer aqui é criar diversas alternativas e, em cada uma, focar em apenas numa ou duas decisões e no final avaliar a qualidade das soluções obtidas.

Segundo Carvalho (2017) para se atingir um *layout* eficiente deve-se minimizar a distância total percorrida ou o tempo associado a essa mesma distância. O facto de se focar o *layout* nestes dois objetivos, tempo e distância, não quer dizer obrigatoriamente que as restantes decisões não sejam melhoradas, simplesmente não se tem como objetivo otimizá-las. Um exemplo disso é a redução da distância total. O facto de se reduzirmos esta distância através da redução da distância percorrida em cada deslocação faz com que os recursos humanos sejam utilizados de forma mais eficiente, reduzindo assim os custos associados. Isto é conseguido através da aproximação física das áreas com maior interação. Por outro lado, pode-se ainda reduzir o tempo gasto em deslocações através de um *layout* que permita uma fácil acessibilidade aos itens armazenados, permitindo assim respostas mais rápidas e sem erros, evitando retrabalho por parte dos operadores e dos equipamentos (Carvalho, 2017).

Para além da função objetivo, Rushton et al. (2000) afirmam que para uma boa utilização do armazém tem-se de ter em consideração determinados princípios, tais como:

- A utilização de fluxos lógicos de materiais e pessoas, com o mínimo de cruzamentos e fluxos inversos possíveis;
- Minimizar a quantidade de movimentos necessários para pessoas e equipamentos;
- Fazer o melhor uso possível do volume do armazém, aproveitando também a sua altura;
- A inclusão de determinados princípios de segurança, tais como corredores e portas de acesso distintos para pessoas e equipamentos, eliminação de áreas mortas onde os trabalhadores possam ficar presos em caso de emergência (por exemplo, corredores sem saída) e a provisão de saídas de emergência.

Outros fatores ainda a ter em consideração são as características dos materiais a armazenar, nomeadamente fatores como peso, volume, modo de armazenamento e necessidades específicas de manuseamento. Produtos de maiores dimensões, mas de baixo peso, desde que devidamente acondicionados, podem ser armazenados em posições superiores. No entanto, se se tratar de um produto de maiores dimensões e com um peso considerável, de modo a minimizarem-se os riscos associados e a reduzir o esforço necessário, sempre que possível devem ser armazenados ao nível do solo. Esta questão do peso e volume torna-se problemática para o *layout* uma vez que produtos com estas características podem exigir corredores de circulação mais largos e obrigar a uma utilização de equipamentos especiais que, por sua vez, impõem uma atenção redobrada nesta fase de desenho.

Para o desenho do *layout* de um armazém, Frazelle (2001) indica que primeiro devem ser determinadas as necessidades de espaço para cada departamento. Um estudo feito pela Universidade de *Cranfield* revelou que 52% do espaço de um armazém é tipicamente utilizado para armazenamento, 17% para atividades como *picking* e embalagem, 16% para receção e expedição, 7% para atividades de valor acrescentado e os restantes 8% para áreas como o ponto de carregamento de empilhadores, armazenamento de paletes vazias, entre outras (Baker e Perotti, 2008). Com o dimensionamento finalizado, temos a questão da localização espacial das diversas áreas, onde se procura atingir o melhor arranjo possível. Aqui, as dimensões dos diversos departamentos podem vir a ser alterados, conforme o espaço disponível dentro do armazém.

A decisão da localização das diversas áreas está intimamente ligada com a decisão do tipo de fluxo a implementar. As tipologias de *layout* mais comuns são o *layout* com fluxo direcionado ou com o fluxo quebrado, também designado por *layout* em U, tal como se pode ver na Figura 3. Com o fluxo direcionado, conseguem-se movimentos em linha reta e mais naturais, uma vez que os produtos dão entrada num dos lados do armazém e acabam por dar saída no lado oposto. Este tipo de movimento garante uma maior fluidez na movimentação dos produtos, no entanto aumenta as distâncias percorridas e, devido ao facto de ter mais do que um cais, passa a limitar futuras expansões. Já o *layout* com o fluxo em U permite uma maior utilização dos cais e uma diminuição das distâncias percorridas. No entanto, podem-se gerar congestionamentos nos corredores e, como a receção encontra-se junto à expedição, quando as duas funções estiverem a decorrer ao mesmo tempo, podem-se gerar conflitos entre os diversos colaboradores. Para combater este problema, uma das soluções poderá ser a adoção de horários diferentes para cada atividade e, assim, até pode ser utilizada a mesma equipa para ambas as funções. Este último, o fluxo em U, tem sido a preferência de grande parte das organizações (Richards, 2018).

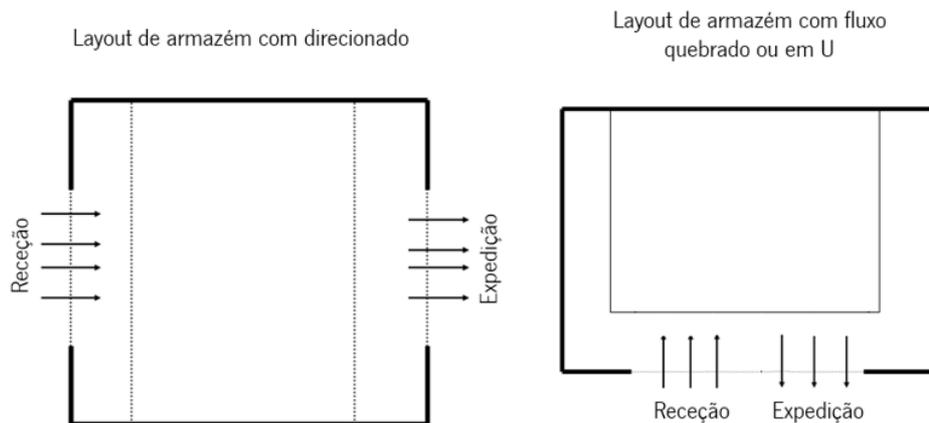


Figura 3 - Diferentes tipos de *layout* e os fluxos correspondentes (Adaptado de Richards, 2018).

Com as áreas determinadas, de Koster et al. (2007) apontam a necessidade de se definir o *layout* interno da zona de armazenamento, onde se tem de definir o número, comprimento, largura e orientação dos corredores e o comprimento e quantidade de estantes a implementar. Relativamente à quantidade de estantes, também se tem de ter em consideração as necessidades de capacidade da empresa em questão. Na Figura 4 podem-se ver representadas as diferentes alternativas para a orientação dos corredores que, conseqüentemente, afeta a orientação das estantes.

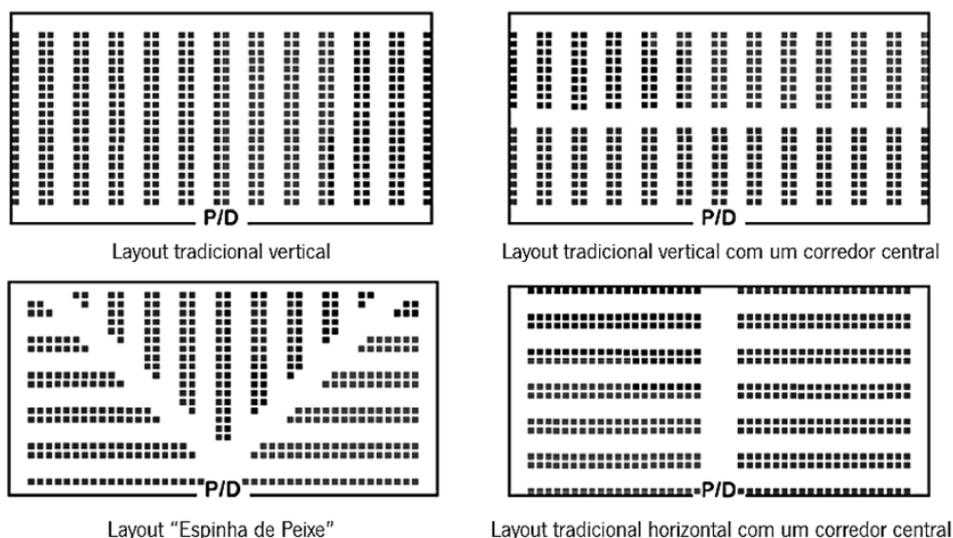


Figura 4 - Diferentes alternativas de *layout* para a zona de armazenamento (Adaptado de Altarazi e Ammouri, 2018).

Com o *layout* praticamente finalizado, Frazelle (2001) relembra a importância de futuras expansões. Ainda durante a fase de projeto de um armazém, a equipa responsável deve ter em consideração como é que o edifício poderá crescer de forma a aumentar a sua capacidade e isso deverá ter um impacto na organização das diferentes áreas.

Caso não seja possível encontrar novas soluções passa-se a validar e comparar as opções obtidas. Aqui existe uma grande preocupação pela validação da exequibilidade técnica e operacional das soluções propostas, verificando se cumprem ou não com os requisitos do sistema definidos na primeira etapa (Oxley, 1994). As soluções que forem aprovadas passam assim para a fase seguinte, onde serão comparadas através do uso de simulação ou de outras ferramentas similares. Para se decidir qual será a melhor opção, Rouwenhorst et al. (2000) identificam seis critérios para a avaliação do desempenho de uma solução:

- Investimento e custos operacionais envolvidos;
- Volume e flexibilidade;
- Produtividade;
- Capacidade de armazenamento;
- Capacidade de resposta;
- Capacidade de cumprir com as encomendas.

De uma forma resumida, podem-se identificar cinco grandes decisões ao longo destas etapas: (1) a estrutura geral do armazém; (2) o dimensionamento, tanto do armazém em geral como de cada área em específico; (3) o *layout* detalhado de cada secção; (4) a seleção de equipamentos; e (5) a definição da estratégia operacional. Na Figura 5 pode-se ver um esquema representativo onde se encontram retratadas as diferentes decisões, que acabam por interagir entre si e influenciam o desempenho geral do armazém. Isto tudo, claro, após serem definidos os requisitos e as restrições para o futuro armazém e da definição, recolha e análise de determinados dados que irão servir de base para todo o projeto.



Figura 5 - Principais decisões no design de um armazém (Adaptado de Gu et al., 2010).

A questão da mudança de instalações e conseqüente alteração na Cadeia de Abastecimento é uma problemática bastante atual, que implica uma série de desafios associados ao projeto de um novo armazém e, neste caso em específico, de apoio à unidade produtiva. Para a sua resolução será tida em consideração a revisão da literatura aqui apresentada, nomeadamente os passos para o projeto de um novo armazém bem como o seu desenvolvimento. Estes passos tornaram-se essenciais e guiaram a presente dissertação.

### 3. CASO DE ESTUDO NA EMPRESA WEGEURO

Este capítulo serve de enquadramento para o presente caso de estudo desenvolvido na empresa WEGeuro – Indústria Eléctrica, S.A. Numa primeira fase será feita uma breve apresentação da empresa, apontando os diversos segmentos de mercado onde se encontra, bem como uma apresentação das unidades fabris localizadas em Portugal. Posteriormente será revelada a cadeia de abastecimento onde a empresa está inserida, passando depois para uma breve apresentação dos materiais envolvidos, tanto de matéria prima como de produto final.

#### 3.1 WEG no Mundo

Fundada em 1961 em Jaraguá do Sul, no Brasil, por Werner Ricardo Voigt, Eggon João da Silva e Geraldo Werninghaus, a WEG iniciou a sua produção em motores eléctricos. Apesar das dificuldades sentidas no início da sua atividade, rapidamente começou a exportar os seus produtos com sucesso para países vizinhos na América Latina. Após os feitos alcançados no negócio das exportações, a ambição e a determinação dos seus fundadores em atingir novos mercados fez com a empresa fosse crescendo, aumentando o seu portfólio de produtos e chegando a cada vez mais países. Hoje, a WEG é uma empresa com implementação global, contando com o apoio de quase 31 mil colaboradores, fábricas em 12 países (incluindo Portugal), filiais em 29 países e distribuidores e agentes em mais de 90 países repartidos por todo o mundo.

A WEG é uma empresa global de equipamentos eletroeletrónicos considerada uma das principais fabricantes mundiais de motores eléctricos comerciais e industriais, criando soluções energeticamente eficientes. Destaca-se nos mercados através da constante inovação, desenvolvendo diversas soluções para atender as grandes tendências atuais voltadas para a eficiência energética, energias renováveis, mobilidade eléctrica e indústria 4.0. De uma forma resumida pode-se identificar cinco áreas de negócio distintas, que se encontram representadas na Figura 6, Figura 7, Figura 8, Figura 9 e Figura 10:



Figura 6 - Unidade Motores.

#### **Unidade Motores**

Considerada uma das maiores fabricantes de motores eléctricos do mundo, a Unidade Motores oferece soluções para os mais variados tipos de aplicação, desde comerciais e residenciais até industriais, sempre com foco na necessidade do cliente.



Figura 7 - Unidade Automação.

### **Unidade Automação**

A Unidade Automação atua no desenvolvimento de soluções que aumentam a eficiência, produtividade e competitividade dos seus clientes através da automatização dos seus processos, sempre com a devida segurança operacional.



Figura 8 - Unidade Energia.

### **Unidade Energia**

Esta unidade oferece produtos para as mais diversas aplicações, desde geradores, turbinas hidráulicas, turbinas a vapor, aerogeradores, entre outros.



Figura 9 - Unidade Transmissão e Distribuição.

### **Unidade Transmissão e Distribuição**

Focada no mercado industrial e de geração, transmissão e distribuição de energia, a Unidade Transmissão e Distribuição oferece produtos como transformadores, equipamentos de alta tensão e soluções completas de acordo com as necessidades específicas de cada cliente.



Figura 10 - Unidade Tintas.

### **Unidade Tintas**

Conta com uma ampla linha de produtos desde tintas industriais líquidas, tintas em pó, tintas para repintura automotiva e vernizes eletroisolantes, que garantem um nível apropriado de proteção contra a corrosão, agentes químicos e condições ambientais adversas.

## **3.2 WEG em Portugal**

A presença da WEG em Portugal reflete uma tomada de decisão estratégica tendo em vista o mercado Europeu. Isto porque a proximidade com os clientes não significa apenas proximidade geográfica, mas também formar parcerias e aconselhar e suportar os clientes ativamente, tornando as relações ainda mais sólidas. O facto de a WEG ter este cuidado com todos os seus clientes e tentar ao máximo atender às necessidades específicas de cada um torna os seus produtos cada vez mais atrativos. Além disso, o elevado desempenho e a qualidade das suas soluções bem como a forte aposta em pesquisa e

desenvolvimento, tornam hoje a WEG Portugal num centro de excelência para o fabrico de motores elétricos.

Com presença em Portugal desde 2002, através da unidade industrial da Maia e mais recentemente, desde 2017, com a nova unidade de Santo Tirso, ambas representadas na Figura 11, a WEG é hoje uma referência da Indústria Nacional dedicada ao fabrico de motores elétricos e ao projeto e implementação de Soluções de Automação, Energia e Serviços, contando com mais de 650 colaboradores.



Figura 11 - À esquerda, a unidade da Maia, e à direita a unidade de Santo Tirso.

A unidade de Santo Tirso, localizada no Parque Empresarial da Ermida, é responsável pela produção de motores elétricos de baixa tensão e pela revenda de produtos finais provenientes de outras fábricas do grupo WEG, servindo de ponte para o mercado Europeu. Já a unidade da Maia está encarregue da produção de motores elétricos de maiores dimensões, mais concretamente de motores de baixa, média e alta tensão com altura de eixo<sup>1</sup> até 1000 mm, possuindo *lead times* superiores comparativamente à unidade previamente mencionada, além da produção de Soluções de Automação e Quadros Elétricos, designado por SAQE, e pela área de Assistência Técnica (*High Voltage Service*), designado por HVService.

Com o crescente aumento de produção sentido nos últimos tempos, a unidade da Maia já não possui capacidade produtiva que lhe permita responder de acordo com a proposta de valor anunciada, provocando assim um aumento nos tempos de entrega ao cliente. Aliado a isso, a WEG Portugal apresenta ainda previsões de crescimento bastante positivas para os próximos anos, o que motiva à construção de uma nova unidade fabril. Assim, a WEG irá construir uma nova unidade, de maiores dimensões, que irá substituir o atual aluguer da Maia e, de forma a facilitar o fluxo entre fábricas, esta irá ser construída de forma adjacente à unidade atual de Santo Tirso, denominada por STI 1, constituindo uma expansão do atual parque fabril no Parque Empresarial da Ermida. Além das funções que existem

---

<sup>1</sup> Distância entre a base das patas até à ponta do veio do motor.

atualmente na fábrica da Maia, este crescimento irá capacitar a nova fábrica, designada por STI 2, de novas funções, aumentando assim quer a sua capacidade produtiva como a sua oferta de produtos e de serviços, com tempos de entrega menores.

### **3.3 A Cadeia de Abastecimento**

A WEG Portugal conta com uma grande variedade de fornecedores e clientes espalhados por todo o mundo, daí a complexidade da sua cadeia. Relativamente aos fornecedores, pode-se distinguir dois grandes grupos: fornecedores em países como China, Brasil, Itália ou Espanha, ou seja, fora de Portugal e que requerem um maior planeamento; e fornecedores locais, com envios de materiais a partir de Portugal. O facto de se contar com alguns fornecedores locais faz com que os tempos de entrega sejam menores e, conseqüentemente, seja possível fazer encomendas de modo mais regular e em menores quantidades, o que, por sua vez, reduz o número de localizações necessárias em armazém. Para além disso, para um consumo igual ou superior ao atual, está-se ainda a reduzir o tempo de estágio dos materiais em armazém, fazendo com que os materiais passem quase diretamente para a produção. Já os fornecedores fora de Portugal inspiram maiores cuidados devido aos elevados tempos de trânsito e sua variabilidade, *stocks* de segurança superiores, custos de transporte mais elevados e possibilidade de rutura, que conseqüentemente afetam o nível de serviço oferecido ao cliente.

Devido à variabilidade e ao elevado número de materiais utilizados por ambas as fábricas, é necessário um planeamento rigoroso e eficiente de forma a reduzir custos operacionais. Uma das soluções aplicadas, sabendo que as duas fábricas recebem matéria-prima através de contentores e que, por vezes, o mesmo contentor abarca material para ambas as unidades industriais é o facto de a abertura dos mesmos ser feita em apenas uma localização. Assim, apenas uma das fábricas precisa de ter equipamentos que permitam a abertura de contentores, evitando a duplicação de trabalho e de equipamentos. Desta forma evita-se abrir o mesmo contentor em duas localizações diferentes, pelo que a mesma unidade fabril descarrega a totalidade do contentor e, através de transportes diários entre ambas as fábricas existe a transferência de materiais. A Figura 12 apresenta, de forma esquemática, os fluxos envolvidos, tanto de materiais como de informação, entre as diversas partes.

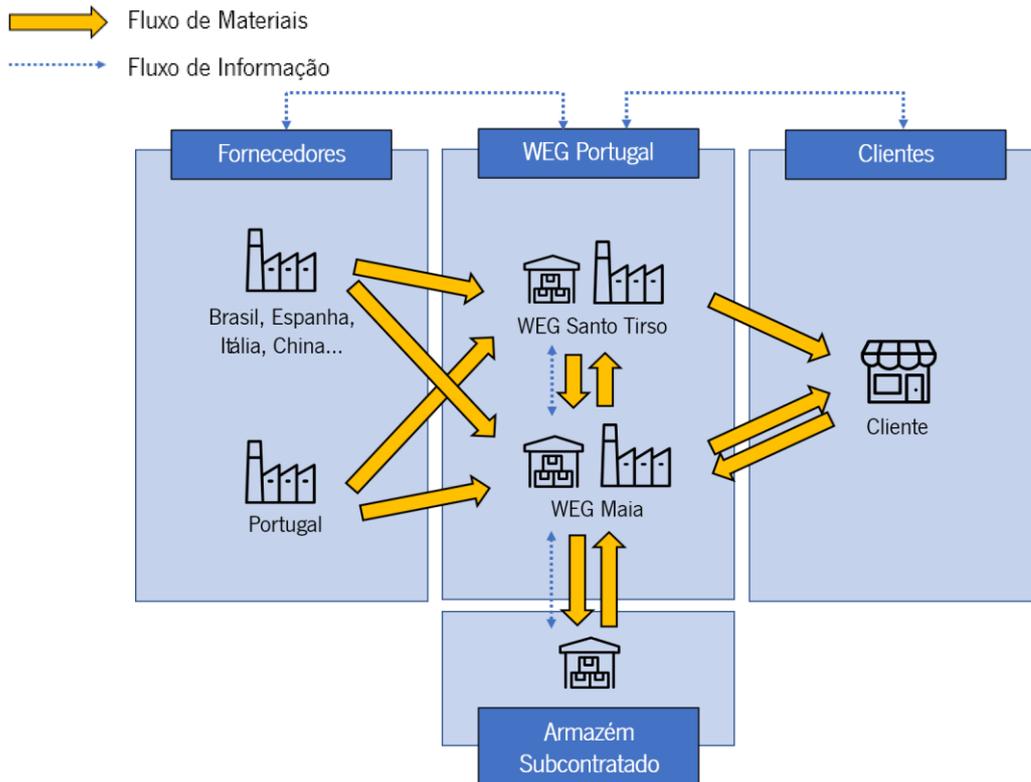


Figura 12 - Representação esquemática da Cadeia de Abastecimento da WEG Portugal.

A nível do fluxo de materiais, quando se trata de fornecedores locais as entregas são feitas diretamente na unidade fabril em questão, já quando se trata de fornecedores fora de Portugal, na sua maioria, os materiais chegam através de contentores pelo que são entregues na unidade de STI 1, salvo raras exceções. Aqui, através de um transportador subcontratado, os materiais são movimentados para a unidade fabril em questão e são aí rececionados. Assim que este passo estiver concluído, os materiais ficam em espera no armazém até serem requisitados para a produção. Assim que os produtos estiverem concluídos e devidamente embalados, ficam em espera ou no armazém da expedição ou, devido à falta de espaço, num armazém subcontratado. Por último, os produtos são entregues aos clientes.

Relativamente ao fluxo de informação, este inicia-se através da previsão de vendas que, consequentemente, origina o planeamento da produção. Este planeamento, por sua vez, gera as necessidades de materiais de forma a cumprir com a produção estipulada. De acordo com estes valores e com a procura existente, a equipa de Compras efetua o pedido de matéria-prima aos fornecedores correspondentes e é criado um plano de abastecimento ao armazém em questão. Já na parte final da produção, assim que o produto esteja concluído, ou seja, assim que o motor já esteja devidamente concebido e embalado, o cliente é informado e é assim elaborado um plano de expedição do produto final.

### 3.4 Principais matérias primas e exemplos de produto final

Para a WEG, quando se fala em matéria prima fala-se de todos os materiais adquiridos que participam direta ou indiretamente no desenvolvimento do produto final. Mais concretamente está-se a falar de tampas dianteiras, traseiras e defletoras, carcaças, ventiladores, rolamentos, caixas de ligação, cobre, barras de aço, entre outros. Tendo em conta que o presente projeto de dissertação se centra na unidade industrial da Maia, estas matérias primas podem apresentar dimensões e pesos consideravelmente elevados, comparativamente à unidade em Santo Tirso. Em termos numéricos, atualmente a WEG da Maia possui matérias primas que podem atingir as 3 toneladas, com 2,20m de largura, 1,45m de comprimento e altura até 1,50m, como é o caso das carcaças. Em alguns casos, a pedido do cliente, estes valores podem ainda ser superiores devido ao caráter específico de cada encomenda e à possibilidade de customização oferecida ao cliente.

Em termos de produto final, concluída a montagem dos componentes previamente mencionados, a WEG da Maia conta com motores que podem chegar às 20 toneladas e aos 4m de altura. Na Figura 13 temos alguns exemplos de motores produzidos por esta unidade industrial.



Figura 13 - À esquerda um motor da gama HGF e à direita um motor de indução trifásico da linha Master.

De um modo geral, a construção de uma nova unidade fabril em Santo Tirso e o conseqüente abandono das atuais instalações da Maia irá favorecer o desempenho da Cadeia de Abastecimento da WEG. Isto porque, sabendo que existe uma constante troca de materiais e de informação entre estas duas unidades, esta aproximação irá não só facilitar a troca de materiais, como reduzir tempos de entrega e proporcionar uma redução nos custos, por exemplo, pelo corte no custo da subcontratação de um transportador externo para a movimentação de materiais de uma fábrica para a outra, atualmente distanciadas por 25 quilómetros, passando esta atividade a ser realizada internamente.

## 4. CARATERIZAÇÃO E ANÁLISE DO ESTADO ATUAL DO ARMAZÉM DA MAIA

O presente capítulo serve de apresentação e análise à situação atual encontrada na unidade da Maia, local onde se centra o presente caso de estudo. Aqui será apresentado o funcionamento do atual armazém, onde serão abordados temas como o seu *layout*, atividades realizadas, materiais e equipamentos utilizados, assim como uma síntese de alguns problemas identificados.

### 4.1 Descrição do *layout* geral e das respetivas áreas fabris

Sendo uma unidade já com 18 anos de história e em constante crescimento, o seu *layout* foi sofrendo pequenas alterações o que fez com que determinadas áreas do armazém ficassem distanciadas umas das outras. Assim sendo e para uma melhor compreensão do panorama geral, irá ser apresentado um *layout* geral da fábrica da Maia, onde será possível identificar todas as áreas que a compõe, e, posteriormente, deslocar-se-á o foco para o seu armazém.

Após recolha de dados através da análise documental foi possível obter medidas das várias secções da fábrica, contabilizando uma área total de 19.592m<sup>2</sup>, dos quais 12.625m<sup>2</sup> são cobertos. Na Figura 14 é possível observar um *layout* representativo da fábrica, onde estão evidenciadas as diferentes áreas que o constituem.

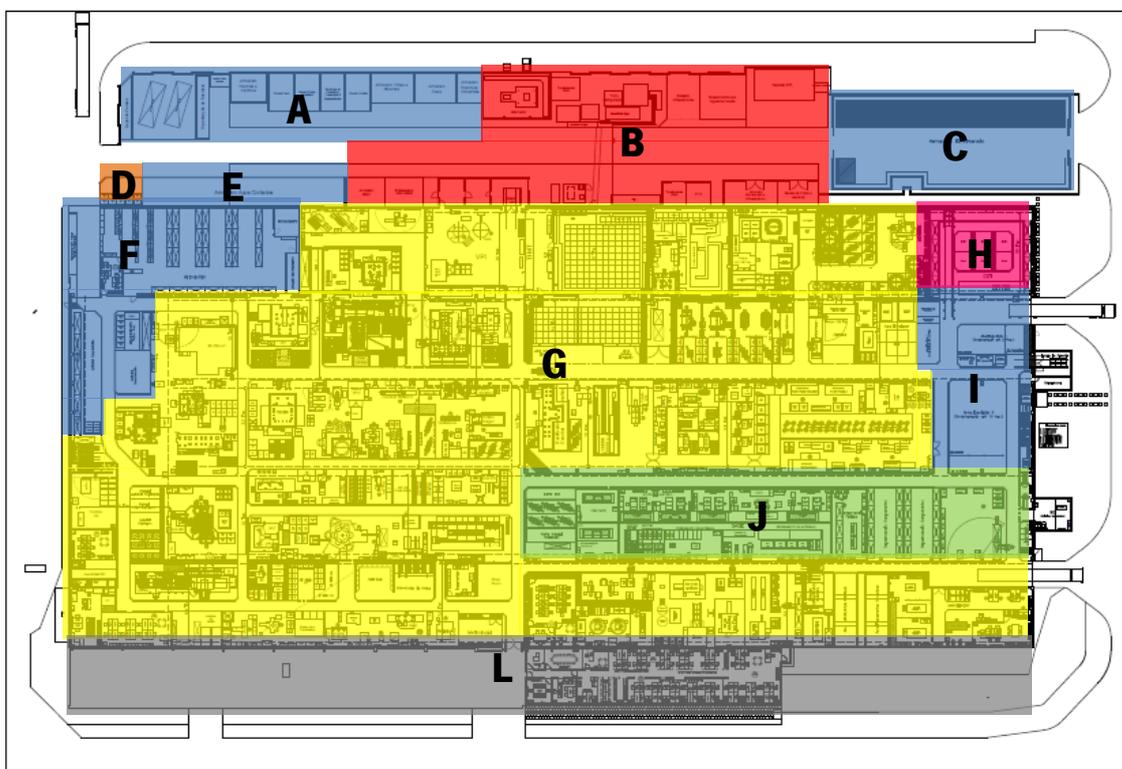


Figura 14 - *Layout* atual da fábrica da Maia.

De forma a tentar simplificar a leitura do *layout*, as diferentes áreas do edifício foram demarcadas através de diferentes cores e letras. A cor azul representa as várias zonas do armazém, pelo que a letra “A” corresponde ao armazém de tintas e vernizes, ao armazenamento de paletes vazias e ao local onde se armazenam temporariamente os resíduos provenientes da produção. As letras “C” e “E” são armazéns exteriores onde se armazenam materiais de grandes dimensões, sendo o primeiro coberto. A letra “F” inclui a área de receção, *picking*, verificação de qualidade e o parque de empilhadores. Já a letra “I” representa a zona de expedição, onde se incluem alguns produtos finais em espera.

Relativamente às restantes áreas, a cor amarela, identificada com a letra “G”, representa a área produtiva de motores elétricos, já a cor vermelha, com a letra “B”, representa a área técnica associada à área previamente mencionada. Para além disso, existe ainda representada a cor verde, com a letra “J”, onde se encontra a secção para as soluções de automação e quadros elétricos (SAQE), a rosa, com a letra “H”, a zona dedicada à assistência técnica (HVService), a cinzento, com a letra “L”, os escritórios e a laranja, com a letra “D”, uma área dedicada ao lixo comum.

## 4.2 Atividades do Armazém e respetivos equipamentos

No que diz respeito ao armazém, este é responsável pela receção de materiais, quer provenientes de fornecedores quer do transportador subcontratado que faz diariamente a transferência de materiais entre STI 1 e a Maia. Para além da atividade de receção, efetuam-se ainda atividades de verificação de qualidade, armazenamento, abastecimento à unidade produtiva e expedição, representadas na Figura 15 e explicadas no decorrer do documento.

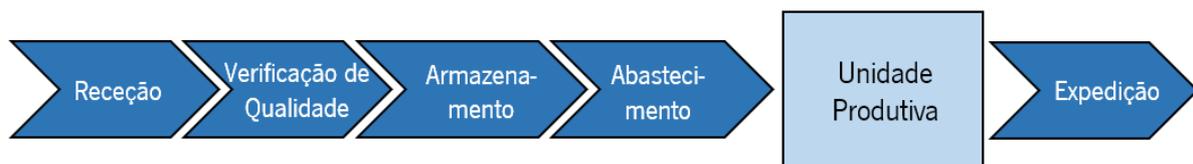


Figura 15 - Atividades levadas a cabo pelo Armazém.

### 4.2.1 Receção e inspeção de Material

Relativamente à atividade de receção, assim que todos os materiais são retirados dos veículos correspondentes são colocados na área de receção, onde ficam em espera até serem devidamente inspecionados e conferidos. A grande maioria destes materiais chegam em paletes, o que facilita a sua deslocação uma vez que o equipamento utilizado para a movimentação de materiais entre o

transportador e a área de receção é o empilhador elétrico. Na Figura 16 pode-se ver representado um exemplar deste mesmo equipamento.



Figura 16 - Exemplar de um empilhador elétrico (Jungheinrich, 2020).

De forma a suportar a atividade de receção e de verificação de qualidade, a área estipulada para a receção de materiais possui uma área de 86 m<sup>2</sup>, dos quais apenas 47 m<sup>2</sup> estão a ser devidamente utilizados para o efeito e os restantes 39 m<sup>2</sup> servem de apoio à área de armazenagem.

Caso os materiais seguissem diretos da área de receção para a fábrica, sem nunca estagiar em qualquer ponto e fosse um fluxo ideal sem qualquer atraso ou variação, as áreas de receção e armazenagem não constituíam um problema. No entanto, a necessidade de criar pequenos pontos de *stock* de matéria prima e a própria política da WEG de rapidez na resposta ao cliente, obrigam a criar locais apropriados com uma dimensão adequada. Deste modo, à medida que as paletes são identificadas e é dada entrada dos materiais no sistema de informação, são encaminhadas para uma das localizações disponíveis em estante.

Tendo em conta uma análise à listagem de *pickings* realizados no ano de 2019, é possível verificar que no total foram rececionadas 16.106 paletes, o que representa uma média de aproximadamente 70,0 paletes por dia. Este valor tem em conta que a empresa trabalha 5 dias por semana, durante 46 semanas ao longo de todo o ano (já retirando todas as pausas para períodos de férias, feriados e outros eventos).

Sabendo que a WEG utiliza o modelo de Europaletes e que cada paleta ocupa uma área de 0,96 m<sup>2</sup>, teoricamente a unidade fabril da WEG Maia teria capacidade para rececionar e armazenar momentaneamente 49,0 paletes nesta mesma área, o que, em casos extremos, ou seja, caso o armazém esteja sobrelotado e o fluxo de entrada seja superior ao fluxo de saída do armazém, pode tornar-se insuficiente. Deste modo, a atividade de receção tem vindo assim a ganhar especial importância devido ao elevado fluxo de materiais que se tem sentido nos últimos meses. Este facto pode ser comprovado através da análise da Figura 17, uma vez que o número de paletes rececionadas por semana foi aumentando ao longo do ano de 2019, acompanhando a crescente procura sentida pela produção. Como consequência, aumentou também o valor máximo de paletes rececionadas, visível ainda na mesma figura

onde, na semana 42, se atingiu 460 paletes rececionadas, representando, em média, cerca de 92,0 paletes por dia. Este valor corresponde praticamente ao dobro do valor teórico suportável pela área de receção, pelo que no mesmo dia teria de se ocupar a totalidade da área de receção, dar entrada de todos os materiais e movimentá-los para a secção de armazenagem e voltar a ocupar a área de receção.

No entanto, uma vez que a unidade da Maia é uma unidade com tempos de atravessamento bastante elevados, chegando a atingir as 5 semanas para a produção de um único motor (altura de eixo de 900 mm), com uma capacidade produtiva média de 20 motores por semana e que, regra geral, cada localização de armazenamento possui várias unidades de produto por palete, o tempo que demora uma localização a ficar totalmente vazia pode tornar-se bastante elevado, criando um problema de falta de espaço quando se tenta movimentar as paletes da área de receção para a área de armazenagem.

Ainda na Figura 17, de notar que as semanas 32, 33, 52 e 53, sendo os pontos mais baixos deste gráfico, são a exceção deste crescimento e representam as semanas em que a empresa interrompeu a produção, havendo apenas serviços mínimos por parte do armazém.

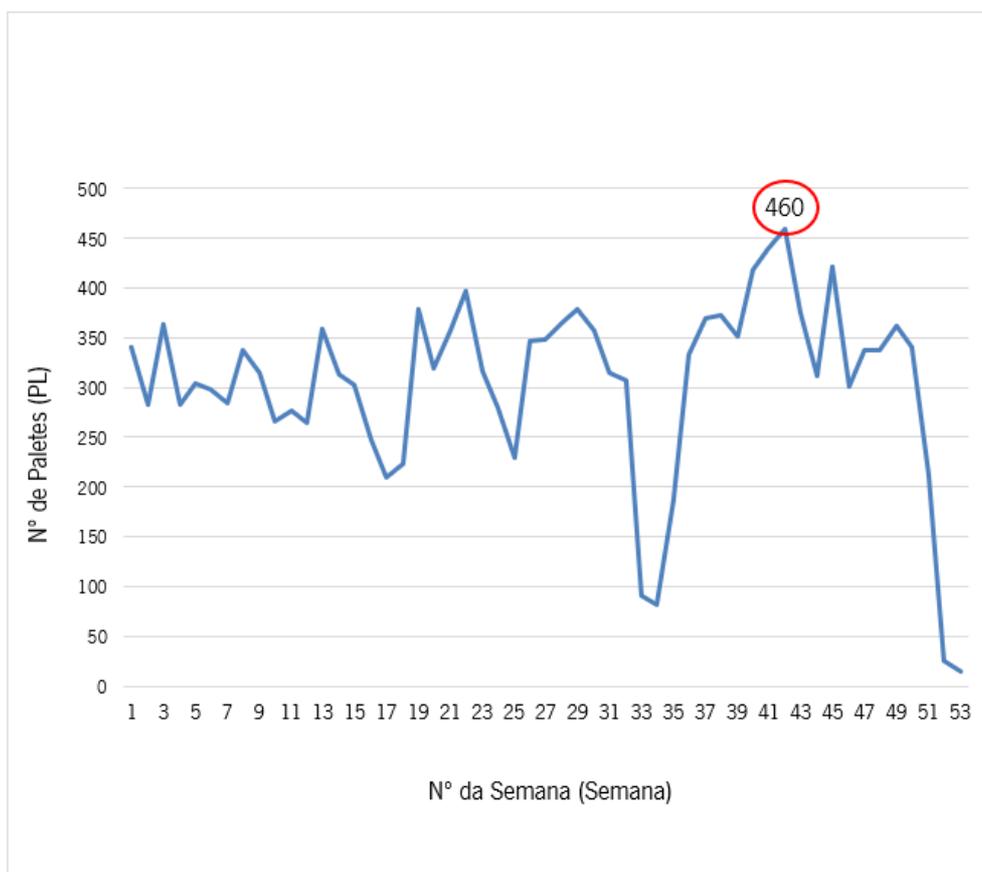


Figura 17 - Número de paletes rececionadas por semana no ano de 2019 (PL/Semana).

Tendo em atenção o tipo de indústria em questão, alguns materiais passam por uma verificação de qualidade antes de serem movimentados para a secção de armazenagem. Estes são materiais que participam na própria estrutura do motor e, por isso, são fundamentais para o seu desempenho, como carcaças ou tampas, ou materiais com alto valor comercial, como por exemplo materiais à base de cobre. De forma a evitar movimentações desnecessárias, assim que um material desta tipologia dá entrada, um responsável pela verificação de qualidade desloca-se até à área de receção e executa os testes necessários no local, o que obriga a paleta a ficar temporariamente estacionada na área de receção, podendo tornar-se um obstáculo para a receção de novas paletes. Assim que estes materiais recebem a devida aprovação, podem então ser movidos para a secção de armazenagem através do uso de um porta-paletes ou de um *stacker*, representados na Figura 18.



Figura 18 - À esquerda um porta-paletes e à direita um *stacker* (Jungheinrich, 2020).

#### 4.2.2 Armazenagem

Passando para a atividade seguinte, a armazenagem, esta é uma atividade imprescindível uma vez que garante a existência de materiais aquando da sua necessidade para a produção. Tendo em conta a variedade de matérias-primas utilizadas, a WEG possui diversos sistemas de armazenamento na unidade industrial da Maia de forma a poder atender às necessidades e às características específicas de cada material. Pode-se assim identificar sete tipologias diferentes, variando ou no sistema de armazenamento em uso ou nas condições existentes, sendo eles:

- *cantilever* interior;
- *cantilever* exterior;
- estantes de *picking*;
- estantes de *picking* com temperatura controlada;
- estantes de *picking* com humidade controlada;
- estantes convencionais para paletes;

- empilhamento a partir do solo.

No *cantilever* interior armazenam-se produtos de grandes dimensões que são sensíveis às condições atmosféricas, nomeadamente tubos de inox e algumas barras necessárias para realizar atividades de manutenção. O facto de estarem armazenados dentro das instalações, permite que sejam utilizadas pontes rolantes para movimentar este tipo de materiais. Já no *cantilever* exterior, sendo esta uma estrutura muito mais reforçada e, por isso, capaz de albergar produtos com um peso superior, são armazenadas barras de aço que podem chegar até aos 6m de comprimento. Normalmente, este tipo de materiais é movimentado através de empilhadores elétricos.

Já o terceiro método, as estantes de *picking*, é o local onde se armazenam uma grande variedade de peças de menores dimensões, todas com um peso reduzido, tal como parafusos, anilhas, elementos de fixação e outras ferramentas. Esta é a parcela do armazenamento que envolve um menor grau de mecanização, uma vez que é o próprio operador que se desloca até à localização de cada material e coloca/recolhe a peça correspondente. De forma a haver um melhor aproveitamento do espaço disponível, foram colocados vários níveis de caixas de plástico em cada estante, conforme as dimensões das caixas em questão. Como foram adquiridos diferentes tipos de caixas conforme a necessidade sentida ao longo dos anos, o método utilizado de forma a estudar a capacidade atual deste tipo de armazenamento foi o metro linear, ou seja, contabilizou-se, em metros, a quantidade de estante disponível. Posto isto, verificou-se que, atualmente, o armazém da Maia possui uma capacidade de 252,18m de nível de estante.

Assim que esta tipologia de materiais, ou seja, materiais de pequenas dimensões e de peso reduzido necessite de condições especiais, o armazém da Maia oferece duas possibilidades distintas. Existe uma zona com temperatura controlada onde é armazenado material isolante, pequenos recipientes de tintas e resinas e material da manutenção, e uma zona com humidade controlada, onde são armazenados rolamentos e alguns tipos de aço. Por norma, tanto numa zona como na outra, os materiais são abastecidos e recolhidos manualmente, tal como no caso anterior. No entanto pode existir a necessidade de armazenar uma palete inteira, ou até meia paleta, e, para isso, é utilizado um porta-paletes para auxiliar o operador, tal como o representado na Figura 18. Nestes casos, a paleta é sempre colocada ao nível do solo. Através do método enunciado anteriormente, foram contabilizados 40,61m de estante na área de *picking* com temperatura controlada e 43,40m de estante na área com humidade controlada, o que perfaz um total de 336,19m de nível de estante para o *picking* manual.

Relativamente aos materiais em paletes provenientes da área de receção, a grande maioria fica armazenada em estantes convencionais. Aqui podem ser encontrados os materiais de dimensão intermédia, como tampas traseiras, tampas dianteiras, tampas defletoras, caixas de ligação, ventiladores, dispositivos de travamento de eixo, chapas de reforço, carretas de cobre, entre outros. Devido à estrutura existente para o armazenamento, cada posição tem um peso limite de 1.200kg que são facilmente atingidos com esta tipologia de materiais. No entanto, sempre que existem exceções tenta-se agrupar vários produtos na mesma paleta numa tentativa de se ocupar o menor número de localizações possível. Este esforço constante deve-se ao facto de que o armazém atual já se encontra com uma taxa de ocupação de aproximadamente 96%, tornando-se assim numa das zonas críticas a ter em atenção. O facto de haver poucas localizações disponíveis, faz com que a arrumação dos materiais em espera na área de receção seja mais lenta e, conseqüentemente, acabe também por agravar a sua situação, visto que também já não tem capacidade para aguentar com os picos de chegadas. A Figura 19 mostra o estado atual desta tipologia de armazenamento, onde se podem identificar alguns dos produtos previamente referidos.



Figura 19 - Estantes Convencionais para Paletes.

Devido à falta de espaço sentida nesta área do armazém, os 39m<sup>2</sup> mencionados anteriormente da área de receção estão atualmente a servir de apoio para se armazenar alguns dos materiais rececionados, tal como se pode ver na Figura 20. Como esta área não possui nenhuma estrutura de armazenagem, as paletes são colocadas diretamente no chão e, se possível, empilham-se as restantes, com o apoio ou de um porta-paletes, ou de um *stacker* ou de um empilhador elétrico.

Para além disso, existem ainda 21 localizações extras na parte superior de determinadas estantes para *picking* manual onde, em último caso, podem ser armazenadas paletes com um peso máximo de até 600kg.



Figura 20 - Área de apoio ao armazenamento de paletes.

Ainda assim, mesmo com as 390 localizações em estante convencional e com a possibilidade de armazenar nos 39m<sup>2</sup> de área de receção e nas 21 localizações extra no nível superior de estante para *picking* manual, utilizam-se ainda algumas localizações no atual armazém de Santo Tirso de forma a conseguir-se colmatar as necessidades existentes. É possível contabilizar a existência de 54 localizações extra na unidade de Santo Tirso, o que perfaz um total de 493 paletes armazenadas entre as duas unidades atuais.

Ainda na unidade de Santo Tirso, pode-se identificar uma área de, aproximadamente, 120m<sup>2</sup> destinada a armazenar chapa magnética. Como o armazém da Maia não possui capacidade para armazenar esta tipologia de matéria-prima, assim que o camião é descarregado, as bobinas de chapa magnética permanecem em Santo Tirso. Apenas quando existe necessidade por parte da produção da Maia, é que se movimentam as peças de uma unidade para a outra, onde, assim que são rececionadas, seguem diretas para a produção. De notar que cada bobina de chapa magnética pesa, em média, 2.200kg, pelo que não podem ser armazenadas em estantes convencionais e, por isso, são armazenadas através do empilhamento a partir do solo, com duas ou três unidades de altura, dependendo da referência do material em questão.

Por último, tratando-se de um material de grandes dimensões ou com um peso elevado, é também utilizado o empilhamento, tal como no caso da chapa magnética. Este sistema é utilizado na área demarcada com a letra “C” da Figura 14, que é comumente designado por “Tenda”. Esta estrutura está localizada fora do edifício da Maia e foi uma solução arquitetada de forma a auferir uma maior capacidade de armazenamento, possuindo uma área de 570m<sup>2</sup>. De forma a conseguir-se movimentar este tipo de materiais utilizam-se empilhadores elétricos de grande tonelagem. Exemplos de materiais armazenados nestas condições podem ser as carcaças, cujas características já foram previamente mencionadas, ou

outros elementos que participem na constituição de um motor elétrico e que possuam características acima das admissíveis nas restantes áreas.

De forma a resumir os dados acima apresentados segue-se uma tabela resumo, Tabela 1, onde se encontra enunciada a capacidade atual utilizada por parte dos materiais necessários para alimentar a zona produtiva da Maia, o que inclui o armazém da Maia e o armazém de Santo Tirso:

Tabela 1 – Resumo da capacidade utilizada pelos materiais da unidade industrial da Maia.

		Armazém da Maia	Armazém de Santo Tirso	Capacidade Total
Cantilever interior		24 m <sup>2</sup>	-	24m <sup>2</sup>
Cantilever exterior		140 m <sup>2</sup>	-	140m <sup>2</sup>
Estantes de Picking	Convencionais	252,18m	-	336,19m
	Temperatura Controlada	40,61m	-	
	Humidade Controlada	43,40m	-	
Armazenamento para paletes	Estantes Convencionais	390 localizações	54 localizações	493 localizações
	Nível Superior da Estante para Picking Manual	21 localizações	-	
	Área de Receção	39m <sup>2</sup>	-	
Empilhamento a partir do solo		570m <sup>2</sup>	120m <sup>2</sup>	690m <sup>2</sup>

#### 4.2.3 Abastecimento à unidade produtiva

O abastecimento de materiais à produção é suportado pelo *software* de ERP utilizado pela WEG, que vai lançando as necessidades de materiais ao armazém para que nunca existam paragens de máquinas por falta de matéria-prima. De acordo com dados relativos ao ano de 2019, no total houve 46.282 unidades de produto movimentados do armazém para a produção, chegando a atingir as 518 unidades num só dia. Da mesma forma, aqui também é possível notar a crescente procura sentida pela produção, que consequentemente aumenta a necessidade de material entre o armazém e a unidade produtiva. Na Figura 21 é visível que o número de pedidos movimentados aumentou cerca de 54% do segundo para o quarto trimestre, ainda que neste existam duas semanas de paragem da produção.

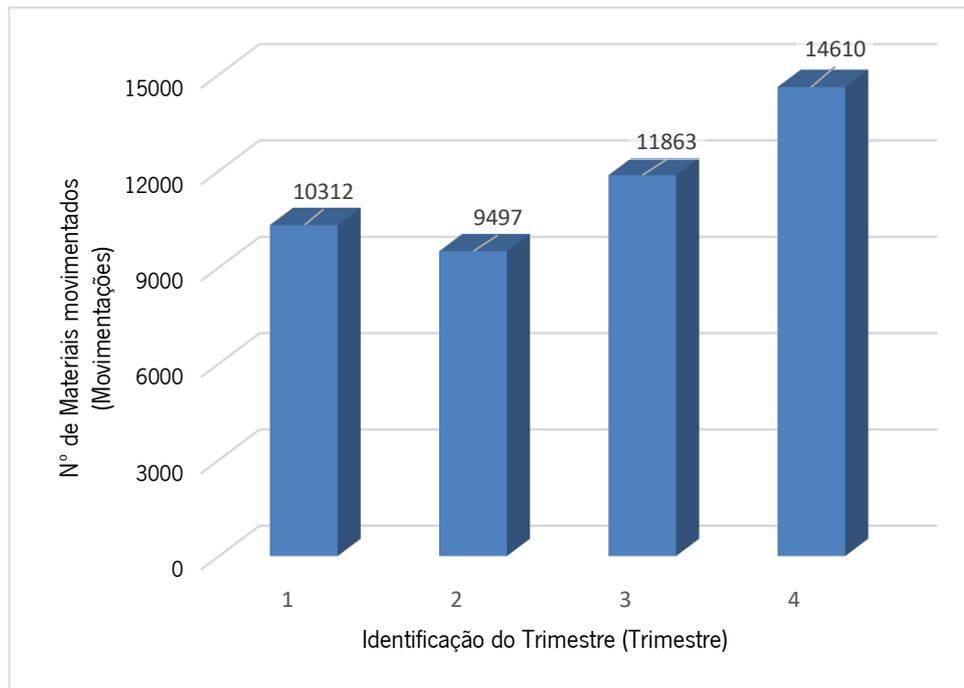


Figura 21 - Número de materiais movimentados por trimestre no ano de 2019 (Movimentações/Trimestre).

O modo como os materiais chegam à zona produtiva varia de material para material, ou seja, depende das dimensões e peso de cada um. Materiais de pequenas dimensões e leves, como parafusos ou sondas, são facilmente transportáveis em simultâneo e podem ser movimentados por um operador sem o auxílio de qualquer tipo de equipamento. No entanto, tratando-se de um material de grandes dimensões e/ou com um peso elevado, como uma tampa ou carretas de cobre, a quantidade necessária é colocada numa palete vazia e é posteriormente movimentada. Caso a paleta já contenha o número de unidades requeridas, um *stacker* retira-a da sua localização e coloca-a em espera para ser depois movimentada através de um empilhador elétrico até à devida área produtiva.

#### 4.2.4 Expedição

Assim que o produto final chega à área de expedição, este já se encontra devidamente embalado e acondicionado, tal como se pode ver na Figura 22. Tal como mencionado anteriormente, nesta área lida-se com produtos de até 20 toneladas e com alturas até 4 metros, que são movimentados através da utilização de pontes rolantes ou empilhadores de grande tonelagem.



Figura 22 – Motor já embalado e em espera na área de Expedição da unidade industrial da Maia.

Dependendo do cliente, assim que uma encomenda esteja completa existem duas situações possíveis: ou a encomenda é expedida e deixa as instalações da WEG rumo às instalações do cliente, libertando assim o espaço ocupado, ou, quer seja a pedido do cliente quer seja por parte da WEG, a encomenda pode ficar em espera pelo que é necessário reservar uma determinada área para estas situações. Atualmente a zona de expedição conta com uma área de 205m<sup>2</sup>, que se tem mostrado insuficiente para acompanhar o crescente número de motores que aí afluem.

Para além do aumento de produção que se tem sentido, tem-se verificado ainda uma tendência crescente na procura por motores com dimensões cada vez superiores, o que leva a que a área disponível tenha cada vez menos capacidade para armazenar temporariamente os motores aí parqueados. Assim que haja previsão de que uma encomenda vai ficar retida por um período de tempo prolongado, a WEG recorre a uma empresa externa para armazenar temporariamente estes produtos, de forma a libertar espaço interno e a ter capacidade para continuar com o seu normal funcionamento. Existe assim um *trade-off* entre os custos logísticos associados e a capacidade de armazenamento da expedição.

### **4.3 Síntese dos Problemas Identificados**

De forma a ter uma melhor perceção do estado atual do armazém da Maia, foi feito um levantamento dos problemas existentes que podem ser observados na Tabela 2. Este levantamento foi fundamental para se poder retificar estas questões ainda durante a fase de conceção do novo armazém e, desta forma, prevenir os mesmos problemas nas novas instalações.

Tabela 2 - Síntese dos Problemas Identificados.

P1	<b>Problema:</b> Falta de espaço para armazenar todo o material rececionado, visível na Figura 23.	
	<p><b>Descrição:</b> O armazém da Maia já não possui capacidade para acompanhar o crescente aumento do número de paletes necessárias para satisfazer a produção. Consequentemente, quando existem picos de chegadas de matérias-primas, verifica-se a existência de material temporariamente armazenado nas vias destinadas à circulação, assim como noutras zonas destinadas a outros fins.</p>	 <p>Figura 23 - Via de circulação obstruída.</p>
P2	<b>Problema:</b> Alguns equipamentos e/ou acessórios de armazenamento não se encontram nas melhores condições, tal como se pode ver na Figura 24.	
	<p><b>Descrição:</b> Devido às características dos materiais armazenados bem como às contantes variações das condições atmosféricas a que estão sujeitos, alguns <i>cantilevers</i> já se encontram um pouco degradados e inclinados, pelo que não se reúnem condições de segurança para a sua utilização e, assim, passam a ser inutilizáveis.</p>	 <p>Figura 24 - Estado de conservação do <i>cantilever</i>.</p>
P3	<b>Problema:</b> Não existe uma estrutura apropriada para armazenar as carcaças, visível na Figura 25.	
	<p><b>Descrição:</b> As carcaças, sendo materiais de grandes dimensões e de peso considerável, não podem ser armazenadas em estantes convencionais, pelo que se encontram armazenadas ao nível do chão, formando pirâmides de até 3 níveis de altura. No entanto, como se tem de criar <i>stock</i> de uma grande quantidade de carcaças, é necessária uma área considerável para o efeito. Como o armazém da Maia não possui esta área, seria preferível possuir uma estrutura que conseguisse armazenar este tipo de materiais de forma segura e da forma mais eficiente possível.</p>	 <p>Figura 25 - Empilhamento de Carcaças.</p>
P4	<b>Problema:</b> Falta de equipamentos para o manuseamento de materiais	
	<p><b>Descrição:</b> Por vezes, o equipamento utilizado na receção é o mesmo da expedição o que faz com que se criem conflitos em termos de prioridade sobre o equipamento.</p>	
P5	<b>Problema:</b> Desaproveitamento da altura disponível nas estantes para paletes, visível na Figura 26.	
	<p><b>Descrição:</b> Como as localizações não são específicas para cada material, existem casos em que não se aproveita a totalidade da altura disponível nas estantes.</p>	 <p>Figura 26 - Altura disponível entre os materiais e a viga superior.</p>

## 5. PROPOSTA DE PROJETO DO NOVO ARMAZÉM

Tendo em conta os passos citados por Oxley (1994) para o dimensionamento de um armazém e através de um estudo mais aprofundado às infraestruturas atualmente em vigor, foi desenvolvida uma proposta de projeto para o novo armazém da WEG. Atualmente esta empresa possui apenas um terreno vazio, com inúmeras opções em aberto no que diz respeito ao *layout* desta nova unidade industrial. Este novo complexo irá assim albergar o novo armazém e a nova fábrica num só edifício, pelo que foi necessário um trabalho conjunto com as restantes áreas da empresa. Este capítulo centra-se assim no projeto de um armazém totalmente novo, com capacidade e flexibilidade suficientes que permitam à WEG enfrentar os mais diversos desafios, tendo em conta as limitações existentes.

### 5.1 Pressupostos do projeto

Antes de se iniciar o presente projeto houve a necessidade de se estabelecer uma série de pressupostos, alinhados com todos os envolvidos, de modo a garantir a praticidade da solução final. Estes pressupostos foram documentados e devidamente registados para consulta futura, sendo eles os seguintes:

- Os armários de Quadros Elétricos seguem diretamente para a linha, não constituindo *stock* em armazém. Estes materiais são adquiridos conforme as necessidades da área produtiva em questão, pelo que não há necessidade de constituir *stocks*.
- Os picos de produto acabado na Expedição são apoiados com um Armazém Externo. Isto porque a expedição tem uma capacidade limitada para armazenar produto acabado e, por vezes, há encomendas que não são logo entregues no momento da sua conclusão, podendo acumular *stock* de semana para semana.
- As barras de aço e os tubos de inox não serão armazenados na nova fábrica, pelo que não será necessária a existência de um *cantilever* no novo armazém. Estes materiais serão armazenados e segmentados na atual fábrica de Santo Tirso, uma vez que esta já possui os equipamentos necessários para manusear, armazenar e transformar este tipo de materiais e, deste modo, evita-se a duplicação de equipamentos.
- Os resíduos da nova fábrica vão ser direcionados para o atual depósito de Santo Tirso, criando um depósito comum. Deste modo, simplifica-se o processo de recolha de resíduos por parte da empresa externa, evitando deslocações desta mesma entidade dentro das instalações da WEG. Por conseguinte, não há necessidade de criar um local para armazenar resíduos na nova fábrica.

- Os moldes utilizados nas diversas áreas produtivas da nova fábrica irão continuar armazenados na atual fábrica de Santo Tirso, tal como acontece no momento presente. Este pressuposto tem em conta a decisão da WEG de criar um local específico para armazenar todos os moldes utilizados por ambas as fábricas.
- Os estrados utilizados no produto final serão entregues diretamente na respetiva área da fábrica, não havendo necessidade de reservar espaço para o seu armazenamento. Esta tipologia de materiais é específica para cada produto acabado e adquirida no momento da sua necessidade, pelo que não há necessidade de constituir *stocks* e, por isso, de reservar um espaço próprio para o seu armazenamento.

## 5.2 Requisitos e restrições

Tendo em conta que o projeto de uma nova infraestrutura de armazenagem é uma decisão estratégica e com um impacto temporal superior a 5 anos (Carvalho, 2017), é uma boa prática começar por definir quais as restrições e requisitos a que tem de obedecer o projeto do novo armazém. Deste modo, foram definidas as seguintes particularidades:

- Desde logo ficou decidido que este espaço ficaria dedicado ao abastecimento da unidade produtiva, pelo que a capacidade necessária em armazém foi alinhada tendo em conta uma previsão para os períodos de 2019-2024 e 2019-2030, onde 2024 representa o momento do arranque do novo armazém e 2030 o ponto máximo deste estudo. Deste modo, a WEG pode iniciar as suas atividades neste novo armazém com um investimento inicial inferior, garantindo uma determinada capacidade, fazendo os restantes investimentos conforme necessário.
- O armazém ficará localizado nas traseiras do edifício, permitindo assim a entrada e a livre movimentação dos camiões dentro do complexo da WEG.
- Uma vez definida a localização do armazém e a planta desta nova infraestrutura, foram ainda identificados os cais. A decisão sobre qual dos cais ficaria alocado à receção ou à expedição teve como mote a simplificação do fluxo, pelo que este requisito também ficou alinhado com a unidade produtiva e assim, houve uma tentativa de tornar o fluxo o mais fluído e desimpedido possível.

A Figura 27 revela o esqueleto do novo edifício onde, a azul, se encontra representado o espaço disponível para o armazém no início do projeto. Para além disso, foi ainda definida a localização das restantes áreas e, conseqüentemente, o sentido dos fluxos envolvidos.

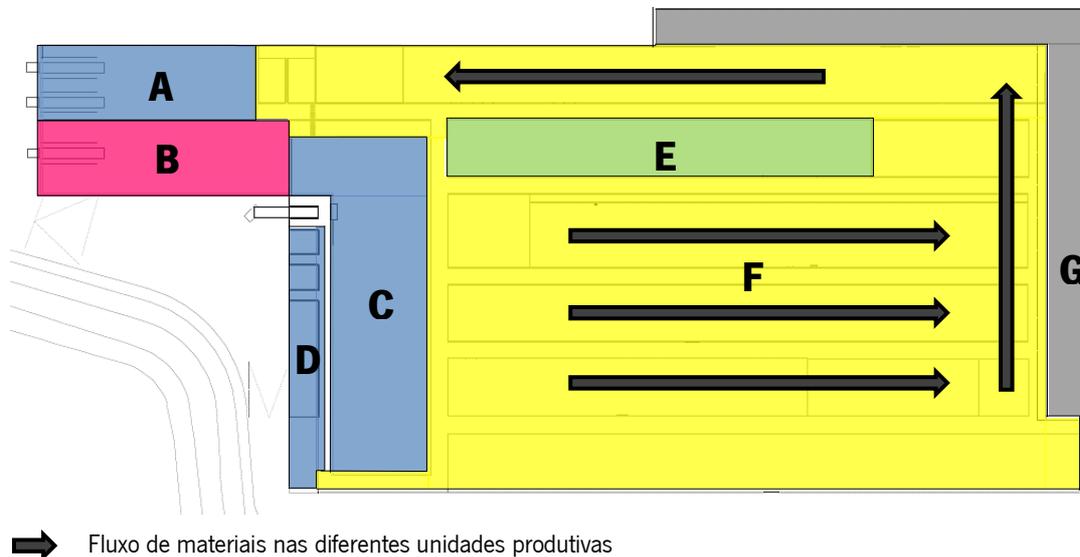


Figura 27 - Layout inicial da nova infraestrutura de Santo Tirso.

O facto de a área disponível para o edifício já estar previamente definida e a própria direção da empresa dar prioridade às diferentes áreas fabris sobre o armazém fez com que a área disponível para este fosse desde logo limitada e, deste modo, constituísse um desafio. Em termos de áreas destinadas para o armazém, pode-se distinguir três espaços distintos, dois no interior da infraestrutura (representados na Figura 27, a cor azul, com as letras A e C), com um total de 3.000 m<sup>2</sup>, e outro no exterior (representado a azul, com a letra D) com 450 m<sup>2</sup>, totalizando uma área de 3.450m<sup>2</sup>.

No que diz respeito às restantes áreas, ficou desde logo definido que a área sombreada a rosa, com a letra “B” ficaria destinada à assistência técnica (HVService), a zona sombreada a verde, com a letra “E”, a secção para soluções de automação e quadros elétricos (SAQE), a amarelo, com a letra “F”, a zona produtiva de motores elétricos, e a cinzento, com a letra “G”, os escritórios e as demais áreas sociais. No total, para estas áreas, foram contabilizados aproximadamente 20.100 m<sup>2</sup>.

### 5.3 Definição das diferentes áreas funcionais

Sabendo que o futuro armazém irá servir de apoio à unidade produtiva, pode-se, desde logo, definir quais as diferentes áreas que irão ser necessárias para o seu correto funcionamento. Para tal, foram criados três grandes grupos, sendo eles as áreas funcionais, as áreas que servem de apoio às atividades do

armazém e outras áreas que, apesar de não apresentarem um impacto direto nas atividades do armazém, são imprescindíveis para o seu bom funcionamento. Dentro destes grupos, passa-se então a identificar as áreas apontadas como indispensáveis:

- Áreas funcionais: Receção; Verificação da Qualidade; Armazenagem (Peças de menores dimensões, Materiais em paletes, Zona de temperatura e humidade controladas, Chapa magnética, Carcaças, Material não conforme e Materiais inflamáveis); e Expedição.
- Áreas de Apoio: Escritórios, WC, Área para reuniões com os operadores.
- Outras áreas: Parque de Empilhadores.

Nesta proposta uniram-se as áreas de temperatura e humidade controladas, atualmente separadas, numa tentativa de simplificação de fluxos e de redução de custos. Deste modo, evita-se que o operador tenha de se deslocar entre duas áreas semelhantes apartadas, evita-se a duplicação de equipamentos e perdas de energia associadas ao normal funcionamento de cada divisão. Em termos de valores de humidade, apesar de uma das áreas requerer maiores cuidados ao ter uma janela de valores de humidade consideravelmente mais apertada, existe um intervalo comum entre as duas. Relativamente à temperatura, a área designada por “temperatura controlada” necessita de uma temperatura de 20°C +/- 5°C, ao passo que a zona de “humidade controlada” necessita de uma temperatura entre 6°C a 25°C, pelo que também é possível chegar-se a um valor que satisfaça ambas as necessidades. Desta forma, consegue-se cumprir com as restrições das duas divisões, tanto em termos de temperatura como de humidade, e passa-se a considerar apenas uma divisão.

#### **5.4 Unidade de Carga**

Antes da definição da tipologia e quantidade de equipamentos necessários, torna-se fulcral definir primeiro a unidade de carga a utilizar. De modo semelhante ao que existe atualmente na fábrica da Maia, a nova unidade de Santo Tirso irá manter-se fiel ao negociado anteriormente com os fornecedores e irá manter as unidades de carga que existem atualmente em vigor.

No que diz respeito à receção, para peças de pequenas dimensões, a nova fábrica de Santo Tirso irá manter como unidade de carga a caixa e, para elementos de maiores dimensões com um peso de até 1.200kg, a Europaleta. Para matérias primas com um peso superior ou cujas dimensões ultrapassem as medidas de uma Europaleta, irão ser mantidos os sistemas atualmente em vigor, feitos a partir de

madeira e específicos para cada situação, como é o caso da chapa magnética e de algumas das carcaças, tal como se pode ver na Figura 28.



Figura 28 – Unidade de carga da Chapa Magnética e das Carcaça de grandes dimensões, da esquerda para a direita respetivamente.

Já no abastecimento do armazém à fábrica, para peças de pequenas dimensões irá ser mantida a peça unitária como unidade de carga. Para os restantes materiais manter-se-á as unidades de carga utilizadas na receção.

Finalmente na expedição, como se trata de um produto final extremamente pesado e volumoso, comparativamente ao suportado por uma Europaete, utilizar-se-á a mesma unidade que é utilizada atualmente na Maia, ou seja, um estrado, podendo este ser de madeira ou de aço, tal como se pode verificar na Figura 29. A decisão sobre o estrado de madeira ou de aço recai sempre sobre o cliente final.

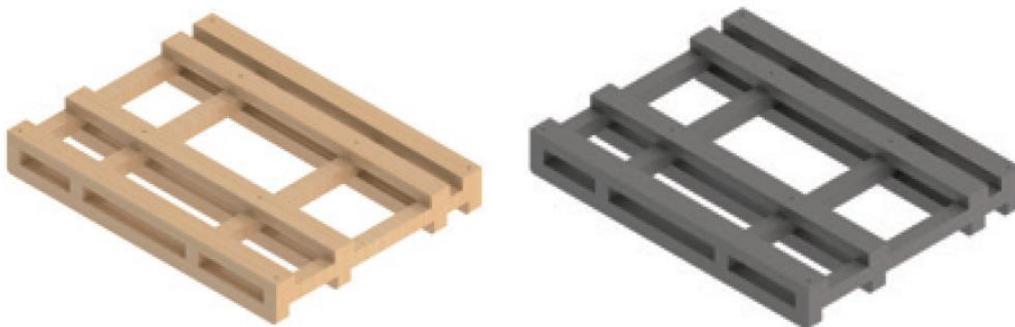


Figura 29 – Exemplos de estrados de madeira e de aço, da esquerda para a direita respetivamente.

## 5.5 Seleção de Equipamentos

Após a definição das diversas áreas que irão constituir o armazém, apresentadas na subsecção 5.3, e tendo em conta as características dos materiais envolvidos, pode-se então passar a definir o tipo e a quantidade de equipamentos a utilizar, quer sejam eles infraestruturas de armazenamento ou equipamentos para a movimentação de cargas.

### 5.5.1 Metodologia utilizada

Para a escolha da estrutura de armazenamento mais adequada, primeiro definiram-se as áreas que iriam constituir *stocks*, ou seja, as áreas que realmente necessitam deste tipo de equipamentos. Dentro das áreas mencionadas na subsecção 5.3, as que carecem deste tipo de infraestruturas são:

- Armazenamento de peças de menores dimensões;
- Armazenamento de materiais em paletes;
- Armazenamento em Zona de Temperatura e Humidade Controladas;
- Armazenamento de Material Não Conforme;
- Armazenamento de Chapa Magnética;
- Armazenamento de Carcaças.

Com as áreas definidas, foi necessário um estudo relativamente aos produtos envolvidos. De modo a facilitar este passo, agruparam-se as áreas conforme o tipo de produtos em questão, pelo que o critério utilizado foi a especificidade dos produtos armazenados em cada área, ou seja, se a mesma referência pode ser utilizada em vários produtos finais ou se é específica para cada modelo.

Como resultado, foram criados dois grupos, A e B, onde o primeiro representa todas as áreas onde os materiais armazenados não são específicos para cada exemplar de produto final e, por isso, cada referência de matéria-prima pode ser utilizada em várias gamas de motor. Já o segundo grupo, o grupo B, representa todas as áreas onde os materiais armazenados já são específicos para cada tipologia de motores. Na Tabela 3 pode-se ver a distribuição das áreas pelos grupos A e B, assim como os parâmetros em estudo:

Tabela 3 - Distribuição das diferentes áreas de armazenamento pelos grupos A e B.

Grupo	Área	Dados recolhidos e analisados
A	Armazenamento de peças de menores dimensões	1 – Restrições de Temperatura e Humidade; 2 – Nível de Inventário Atual em Metro Linear.
	Zona de Temperatura e Humidade Controladas	
B	Armazenamento de materiais em paletes	1 – Dimensões; 2 – Peso; 3 - Restrições de Manuseamento; 4 - Nível de Inventário; 5 - <i>Stock</i> de Segurança; 6 - Quantidade Máxima por Localização.
	Armazenamento de Material Não Conforme	
	Armazenamento de Chapa Magnética	
	Armazenamento de Carcaças	

Com todos estes dados recolhidos e analisados, passou-se então por avaliar os quatro fatores chave para a seleção de equipamentos de armazenamento, anteriormente enumerados na subsecção 2.4.5, sendo eles i) a capacidade de armazenamento necessária, ii) a estrutura física do armazém, iii) a tipologia de equipamentos utilizados para a movimentação de cargas e o iv) orçamento disponível.

i) Capacidade de armazenamento

Começando pela capacidade de armazenamento necessária para atender às necessidades futuras, tanto o grupo A como o grupo B foram projetados tendo por base uma previsão de crescimento entre 2019 e 2030, pelo que ao nível de inventário atual foi aplicada uma percentagem de crescimento de modo a tentar representar os níveis de inventário futuros. Os detalhes dos cálculos efetuados encontram-se a seguir:

- **Grupo A**

**(1) Armazenamento de peças de menores dimensões + Zona de Temperatura e Humidade Controladas**

Sabendo que os materiais aqui armazenados não são específicos para cada exemplar de produto final, aplicou-se uma taxa de crescimento global que refletisse o crescimento geral das vendas de todas as gamas de motores entre os anos de 2019 e 2024 e entre 2019 e 2030. Estas taxas de crescimento foram calculadas pela WEG e correspondem a um crescimento de 35,40% e 71,86%, respetivamente.

Com estes dois valores definidos, ao valor atual de *stock* (336,19m de estante) aplicou-se a taxa de crescimento global numa tentativa de prever a capacidade de armazenamento necessária para os respetivos anos. Para este cálculo foi utilizada a equação (1):

$$CAN = SA * (1 + TC) \quad (1)$$

Onde:

CAN – Capacidade de Armazenamento Necessária

SA – *Stock* Atual

TC – Taxa de Crescimento

Os resultados desta equação encontram-se representados na Tabela 4:

Tabela 4 - Previsão da capacidade necessária, em metros, para 2024 e para 2030 do grupo A.

Ano	2019	2024*	2030**
<b>Crescimento Esperado para o número de Vendas comparativamente a 2019 (%)</b>		35,40%	71,86%
<b>Total</b>	<b>336,19m</b>	<b>455,20m</b>	<b>577,78m</b>

\* Momento do arranque da nova fábrica.

\*\*Ponto máximo do estudo.

Neste caso, e apenas para efeitos de cálculos, houve a possibilidade de se agrupar as duas áreas previamente mencionadas. Tratando-se de um edifício novo e com temperatura controlada para o bem-estar dos operadores, determinadas matérias primas sensíveis à temperatura podem ser pontualmente armazenadas junto das peças de menores dimensões. Isto porque a temperatura definida pela empresa como temperatura ambiente irá pertencer ao intervalo 20°C +/- 5°C. Já os produtos com uma maior sensibilidade à humidade serão obrigados a permanecer dentro de uma estrutura adequada e terão sempre prioridade sobre aqueles com sensibilidade à temperatura.

- **Grupo B**

Ao contrário do grupo anterior, estes materiais já são específicos para cada família de motores. Esta secção já envolveu um estudo muito mais pormenorizado pelo que foi necessário identificar a família de motores à qual pertencia cada referência de matéria prima. Além desta correspondência entre referência e família, houve também uma preocupação por distinguir o que era considerado pela WEG como material para *stock* e para a ordem. Material para *stock* é todo aquele material que, por algum motivo, é necessário criar *stock* de segurança para amortecer eventuais variações que possam prejudicar o abastecimento à fábrica, e normalmente está associado a fornecedores fora de Portugal. Já o material à ordem é material que é facilmente repostado e, por isso, não há necessidade de *stocks* de segurança, apenas existe o *stock* necessário para cumprir com a produção estipulada para um curto espaço de tempo. Normalmente estes materiais estão associados a fornecedores locais, ou seja, fornecedores portugueses.

### **(1) Armazenamento de materiais em paletes**

Como esta área abrange uma grande quantidade de referências, específicas para cada produto final, houve uma maior preocupação ao estimar o número de localizações necessárias. Assim, numa tentativa

de alinhar a previsão das necessidades do armazém com a estimativa das restantes áreas da empresa, as taxas aqui utilizadas têm por base o crescimento previsto para a carga de trabalhos da fábrica entre 2019 e 2024 e entre 2019 e 2030. Aqui foi assumido que o número total de motores produzidos, por gama, vai ser igual à capacidade máxima de produção, pelo que o armazém terá de garantir o seu abastecimento. Deste modo, o número total de localizações deverá responder à previsão dos consumos da produção, garantindo assim que o armazém terá sempre localizações disponíveis para os materiais que irão abastecer a produção.

Para o cálculo do número de localizações necessárias foi utilizada a equação (2):

$$NLT = ARRED.PARA.CIMA(NLO * (1 + TCCT)) + ARRED.PARA.CIMA(NLS * (1 + TCCT)) \quad (2)$$

Onde:

NLT – Número Total de Localizações

NLO – Número de Localizações à Ordem

TCCT – Taxa de Crescimento da Carga de Trabalho

NLS – Número de Localizações para *Stock*

Os resultados podem ser analisados na Tabela 5:

Tabela 5 - Previsão do número de localizações necessárias em paletes para 2024 e para 2030.

Ano	2019	2024*	2030**
<b>Crescimento Esperado para a Carga de Trabalho comparativamente a 2019 (%)</b>		27,92%	60,39%
Á ordem	319	409	512
Para <i>stock</i>	174	223	280
<b>Total</b>	<b>493</b>	<b>632</b>	<b>792</b>

\*Momento do arranque da nova fábrica.

\*\*Ponto máximo do estudo.

Ao analisar a tabela anterior pode-se verificar que, para o ano de 2024, serão necessárias 632 localizações de paletes e, para o ano de 2030, 792 localizações. No entanto, não é aconselhável uma taxa de ocupação de 100%. Segundo Frazelle (2001), a taxa de ocupação de um armazém deve manter-se a 86% e, acima disso, a produtividade e a segurança baixam exponencialmente a cada ponto percentual extra de ocupação. Partindo do princípio de que as 792 localizações calculadas anteriormente

representam uma taxa de ocupação de 86%, isto de modo a evitar o desperdício de recursos e sem nunca pôr em causa a segurança dos operadores, pode-se afirmar que 100% de ocupação representariam 921 localizações. Assim sendo, a capacidade total necessária para o armazenamento de materiais em paletes, para o ano de 2030, seria de 921 localizações.

## **(2) Armazenamento de Material Não Conforme**

Apesar de não entrarem na constituição do produto final, é necessário reservar algumas localizações para armazenar temporariamente esta tipologia de materiais.

De acordo com o definido pela organização, o número de localizações necessárias para 2030 será o dobro das que existem atualmente, pelo que de 9 localizações para Europaletes, estão previstas 18 localizações.

## **(3) Armazenamento de Chapa Magnética**

Também aqui existe a necessidade de diferenciar o que é material à ordem de material para *stock*. Como se trata de um produto de elevado valor monetário, todas as referências que forem consideradas como “material à ordem” passam diretamente da receção para o supermercado da respetiva zona produtiva, sem nunca estagiar no armazém. No caso de ser considerado como “material para *stock*”, há necessidade de constituir *stocks* e, por isso, torna-se indispensável um local apropriado para armazenar esta categoria de materiais. Sendo o único a constituir *stocks*, foi o único considerado para o cálculo das necessidades de armazenamento.

Apesar da conveniência em constituir *stocks* (Carvalho, 2017), em virtude da variabilidade sentida, a WEG dimensionou o *stock* dos seus materiais seguindo a política nível de encomenda em vigor.

Ainda a ter em consideração para o mesmo cálculo foi o facto de se tratar de um número reduzido de referências, pelo que foi aplicada diretamente a respetiva taxa de crescimento prevista para as vendas da gama à qual a referência pertence. Esta decisão foi tomada numa tentativa de aproximar o mais possível o valor calculado da realidade.

Ao *stock* máximo admissível para cada referência, foram aplicadas as taxas de crescimento previstas para 2019-2024 e 2019-2030. O resultado deste cálculo representa o *stock* futuro (SF), em kg, dados pela equação (3):

$$SF (kg)_i = SM_i * (1 + TC_j) \quad (3)$$

Onde:

SM – *Stock* Máximo

TC – Taxa de Crescimento

i – Referência da matéria-prima

j – Gama do produto final

Para se obter o número de localizações necessárias, definiu-se o peso médio por unidade e comparou-se com o valor de *stock* futuro (SF), de acordo com a equação (4):

$$SF (Unid)_i = ARRED. PARA. CIMA \left( \frac{SF(kg)_i}{P/Unid_i} \right) \quad (4)$$

Onde:

P/Unid – Peso por Unidade

i – Referência da matéria-prima

j – Gama do produto final

Como resultado, estão previstas 99 bobinas de Chapa Magnética para 2024 e 127 bobinas para 2030.

#### **(4) Armazenamento de Carcaças**

O caso das carcaças é semelhante ao caso anterior, da chapa magnética. Como se trata de uma área onde apenas se armazena uma tipologia de matéria-prima, aqui também se aplicou diretamente a taxa de crescimento prevista para as vendas da gama à qual cada referência pertence. Além disso, e ainda pelo mesmo motivo (para efeitos de cálculo) apenas se considerou o material designado para *stock*, pelo que as carcaças consideradas para a ordem são enviadas diretamente para a produção.

Assim, para o cálculo das necessidades de armazenamento aplicou-se a taxa de crescimento apenas sobre o valor do *Stock* máximo admissível de cada referência, tal como se pode ver na equação (5):

$$NTL = \sum_i ARRED. PARA. CIMA(SM_i * (1 + TC_j)) \quad (5)$$

Onde:

NTL – Número Total de Localizações

SM – *Stock* Máximo

TC – Taxa de Crescimento

i – Referência da matéria-prima

j – Gama do produto final

Como resultado, estão previstas 297 localizações de Carcaças para 2024 e 372 localizações para 2030.

ii) Estrutura física do armazém

Relativamente à estrutura física do armazém, esta é caracterizada por um pé direito útil de 9,5 metros, o que lhe confere capacidade para armazenar materiais em altura, e por um formato em “L”, visível na Figura 30, fazendo com que o espaço disponível tenha uma largura bastante reduzida, comparativamente ao seu comprimento. As áreas anteriormente apelidadas por A e C, na Figura 27, encontram-se agora representadas na Figura 30 com as respetivas dimensões:

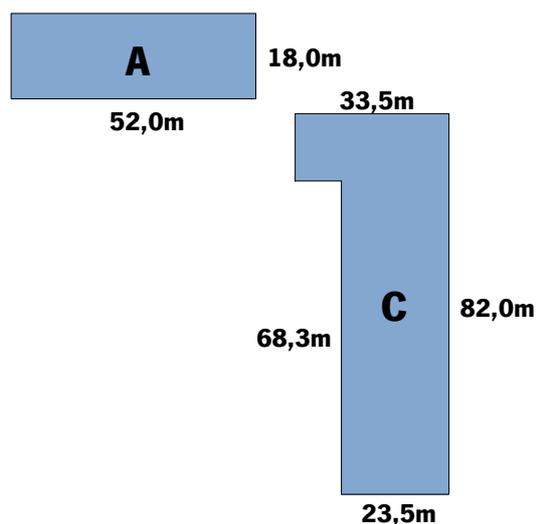


Figura 30 - Dimensões das áreas A e C do Armazém.

Para efeitos do estudo dos equipamentos de armazenamento não foi considerada a área demarcada com a letra “D”, da Figura 27, uma vez que se trata de um espaço exterior. Esta decisão foi tomada de modo a conseguir-se uma maior capacidade de resposta aos pedidos de abastecimento da produção, pelo que foi preferível manter os materiais armazenados o mais próximo possível de cada área produtiva correspondente e, assim, todas as estruturas de armazenamento ficaram no interior do armazém.

iii) Tipologia de equipamentos

Passando para o tipo de equipamentos utilizados para a movimentação de cargas, como este tipo de equipamentos afetam a escolha sobre os equipamentos de armazenamento, e o contrário também se verifica, por decisão da empresa deu-se preferência aos equipamentos de armazenamento, pelo que os de movimentação foram condicionados pela decisão tomada sobre os de armazenamento, não se verificando o contrário. Posto isto, não foi assumido qualquer tipo de limitação relativamente aos equipamentos de movimentação de cargas.

iv) Orçamento disponível.

Já relativamente ao orçamento disponível para o projeto do novo armazém, por normativa da empresa, não existiu um limite de investimento. No entanto, opções com um custo mais elevado poderiam ser selecionadas, desde que houvesse uma necessidade evidente para a sua existência, caso contrário seria dada preferência a opções com um menor custo de aquisição.

Como apoio na tomada de decisão para a escolha dos equipamentos de armazenamento, para além destes quatro fatores chave, foi ainda importante manter presente determinados aspetos como peso e dimensões dos materiais armazenados, a unidade de carga utilizada e o espaço disponível. Na Tabela 6 encontra-se um pequeno resumo dos parâmetros considerados:

Tabela 6 - Parâmetros para a seleção dos equipamentos de armazenagem.

<b>Parâmetros para a seleção dos equipamentos de armazenagem</b>	Armazenamento de peças de menores dimensões	Zona de Temperatura e Humidade Controladas	Armazenamento de materiais em paletes	Material Não Conforme	Armazenamento de Chapa Magnética	Armazenamento de Carcaças
<b>Caraterísticas dos produtos</b>						
Peso máximo (kg)	NA*	NA*	1.300	1.200	2.500	3.000
Dimensões Máximas	NA*	NA*	NA*	NA*	1,00m x 1,00m x 1,20m	2,20m x 1,50m x 1,40m
Unidade de Carga	Unidade	Unidade	Palete	Palete	Suporte de Madeira	Suporte de Madeira
<b>Condições do espaço disponível</b>						
Pé direito (m)	9,5					
<b>Capacidade Necessária</b>						
Capacidade Necessária	577,78	921	18	127	372	
Unidade	metros		localizações			

\*NA – não aplicável.

### 5.5.2 Equipamentos de Armazenamento

Dada a importância que o armazenamento de materiais em paletes representa para a empresa, foi concedida prioridade a esta área relativamente às restantes para a escolha do equipamento de armazenamento.

#### **(1) Armazenamento de materiais em paletes + Armazenamento de Material Não Conforme**

Tendo em conta que o atual método desta secção é um conjunto de estantes convencionais para paletes e que o maior problema é a falta de espaço, relatado na subsecção 4.3, e não o tempo de resposta entre o armazém e a fábrica, foi considerado o mesmo método de armazenamento, ou seja, foram mantidas as estantes convencionais para paletes. Esta solução é adequada para armazéns com uma grande variedade de referências, garantindo um acesso direto e unitário a todos os produtos, que é um fator de grande importância para a WEG. Além disso, trata-se de uma solução a um custo reduzido, adaptável a qualquer dimensão de material a armazenar e oferece um fácil e imediato controlo de *stock*, pelo que cada localização corresponde a uma paleta.

Uma vez que o material não conforme tem a mesma unidade de carga que os materiais na área de armazenamento em paletes e, por isso, podem ser manuseados pelos mesmos meios de movimentação, agrupou-se estas duas áreas no mesmo local.

Deste modo, às 921 localizações necessárias, foram somadas as 18 de material não conforme, perfazendo um total de 939 localizações para paletes. As características das estantes selecionadas encontram-se representadas na Tabela 7:

Tabela 7 - Características das estantes para paletes.

Tipo de Estante	Comprimento útil das vigas (m)	Número de localizações por viga (localizações)	Número de níveis por estante (níveis)	Número de estantes por fileira e por nível (estantes)	Número de fileiras de estantes (fileiras)	Capacidade Total (localizações)
Estante Convencional	2,70	3	8	10	4	960

De modo a serem aproveitados todos os níveis das estantes o arranjo selecionado proporcionou um acréscimo de 21 localizações comparativamente às localizações necessárias, capacitando assim o novo armazém com um total de 960 localizações para paletes. Para além disso, uma vez que as vigas escolhidas têm um comprimento de 2,70m, com um peso máximo por localização de 1.200kg, todas as paletes que possuem um peso superior serão armazenadas no nível 0, ou seja, ao nível do solo.

### **(2) Armazenamento de Chapa Magnética**

Já no que diz respeito à Chapa Magnética, sendo uma matéria-prima com um peso considerável e superior ao admissível na grande maioria das soluções de armazenamento, mencionadas na subsecção 2.4.5, foi considerado o mesmo método que existe atualmente na fábrica de Santo Tirso, ou seja, foi utilizado o empilhamento a partir do solo, em dois ou três níveis de bobina de chapa magnética. Assim sendo, não há necessidade de adquirir qualquer tipo de estrutura de armazenamento e, das 127 bobinas de chapa magnética, só será necessário reservar espaço para 53. Este valor reflete o número de bobinas que irão estar ao nível do solo, ficando as restantes empilhadas.

### **(3) Armazenamento de Carcaças**

Outra área crítica neste armazém é a área de armazenamento de carcaças. Este componente envolve a grande maioria dos materiais presentes na estrutura do produto final, pelo que terá sempre dimensões bastante avultadas. Para além disso, tal como a chapa magnética, conta também com um peso bastante superior ao suportável pelas soluções de armazenamento previamente apresentadas, pelo que seria

esperado optar novamente pelo empilhamento a partir do solo. No entanto, como estão previstas uma grande quantidade de carcaças, mesmo utilizando o método de empilhamento, seria necessária uma área de grandes dimensões de modo a garantir espaço suficiente para armazenar todas as referências de carcaças e ainda garantir área livre para a circulação.

A solução encontrada para esta situação tão peculiar seria, para além de constituir uma pequena área ao nível do solo para, pontualmente, colocar carcaças de dimensões superiores às estudadas e que possam existir no futuro, a de construir uma estante com uma estrutura reforçada, específica para a WEG. Esta estrutura iria funcionar de modo semelhante às estantes convencionais para paletes, no entanto teria capacidade para armazenar materiais com dimensões e peso bastante superiores. A ideia seria colocar as carcaças de maior peso no nível 0, limitar o nível 1 e 2 a um peso máximo de 2.400kg por carcaça, no nível 3 limitar a 2.000kg e, se possível, criar mais um nível para servir apenas de apoio às estantes convencionais, com um peso máximo de 1.200kg por localização. Este último nível seria apenas para aproveitar a altura livre do edifício, ficando a 7 metros de altura.

#### **(4) Armazenamento de peças de menores dimensões + Zona de Temperatura e Humidade Controladas**

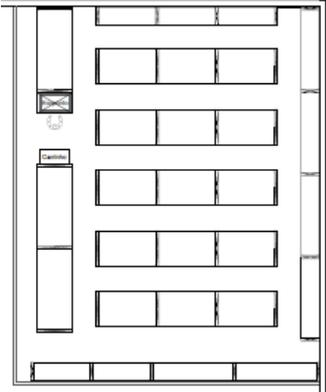
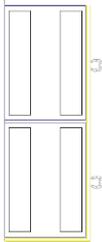
Relativamente à zona de temperatura e humidade controladas foi mantida a solução atual, criando uma área física apartada, com um ambiente controlado. No interior deste espaço manteve-se a solução das estantes para *picking* manual, onde são armazenados grande parte destes componentes. Para os materiais que chegam em grandes quantidades e, por isso, são entregues várias unidades de caixas acomodadas numa só paleta, e não havendo necessidade imediata, reservou-se um espaço, dentro desta área, equipado com uma estante convencional para paletes. Esta solução permite o armazenamento temporário de uma grande quantidade de materiais com necessidades específicas numa só localização e, assim, liberta-se o operador para poder continuar o processo de receção de material.

Para além disso, como se trata de uma zona comum para operadores, que fazem o abastecimento e *picking* manual, e meios de manuseamento, os acessos para cada um foram apartados. Deste modo, garante-se a segurança dos operadores envolvidos e, ao mesmo tempo, evitam-se os cruzamentos de fluxos. A solução encontrada foi a de permitir a entrada livre dos operadores que circulam a pé dentro deste espaço e, na parede imediatamente ao lado da entrada pedonal, colocar uma porta rápida de enrolar. Esta porta rápida fica adjacente à estante convencional para paletes, pelo que não existe necessidade para a entrada do equipamento dentro este espaço, conseguindo carregar e descarregar as paletes sempre a partir do exterior.

Por fim, para o armazenamento de peças de menores dimensões foram consideradas duas possibilidades. A primeira, mais barata, seria a de armazenar os materiais de modo semelhante ao que existe atualmente, em estantes para *picking* manual, no entanto iria ocupar uma grande área ao nível do solo, tal como se pode verificar na Figura 31. A segunda, representada na Figura 32, já obrigava à aquisição de dois armazéns verticais automatizados, o que iria permitir o armazenamento em altura, um maior controlo sobre o *stock* atual e menos movimentações por parte do operador, uma vez que é o material que vai de encontro ao operador e não o contrário.

Assim, para uma mesma capacidade de armazenamento na zona de temperatura e humidade controladas, foram comparadas as seguintes opções (Tabela 8):

Tabela 8 - Comparação entre método manual ou automatizado para o *picking*.

Opção 1	Opção 2
<b>Equipamentos a adquirir:</b>	<b>Equipamentos a adquirir:</b>
35 estantes, com 1,90m de viga e 4 níveis de altura; 12 estantes, com 2,70m de viga e 4 níveis de altura.	2 armazéns verticais automatizados, com 49 prateleiras de 4,10m.
<b>Capacidade fornecida para <i>picking</i>:</b>	<b>Capacidade fornecida para <i>picking</i>:</b>
395,6m	401,8m
<b>Área Ocupada:</b>	<b>Área Ocupada:</b>
10,20m x 12,70m = 129,54m <sup>2</sup>	4,00m x 9,40m = 37,6m <sup>2</sup>
<b>Figura representativa:</b>	<b>Figura representativa:</b>
 <p>Figura 31 - Representação da opção 1.</p>	 <p>Figura 32 - Representação da opção 2.</p>

Neste caso, por decisão da empresa, a premissa foi a de optar por uma solução que minimizasse a área ocupada e cujo período de amortização fosse inferior a 6 anos. Após um estudo feito pela WEG, comparando a solução atualmente em uso com uma proposta apresentada por uma empresa prestadora deste tipo de equipamentos, viu-se que, apesar do investimento inicial na ordem dos 100.000€, a opção 2 amortiza em menos de 5 anos, o que a classifica como apta em termos de investimento. Para além disso, esta opção representa apenas 29% do espaço ocupado comparativamente à opção 1, pelo que se tornou uma decisão naturalmente mais em conta e, por isso, foi a opção selecionada.

Sabendo a capacidade de armazenamento para peças de menores dimensões, pode-se definir a capacidade necessária para o armazenamento com temperatura e humidade controladas. Tendo em conta que o total necessário para *picking* do grupo A seria de 577,78m de estante e que os armazéns verticais automáticos já garantem 401,8m, esta nova área de armazenamento com temperatura e humidade controladas teria de possuir, no mínimo, 175,98m de estante para picking. Na Tabela 9 encontra-se definido o melhor arranjo de estantes encontrado:

Tabela 9 - Capacidade necessária para a zona de temperatura e humidade controladas.

Comprimento de viga (metros)	Número de Estantes (estantes)	Número de níveis por estante (níveis)	Capacidade (metros)
1,90	14	4	106,40
2,30	8	4	73,60
2,70	1	3	8,10
<b>Total</b>			<b>188,10</b>

Tendo em conta a solução apresentada anteriormente, de 188,10m de estante para esta tipologia de materiais, pode-se confirmar que a capacidade necessária foi atingida, dado que  $188,10m > 175,98m$ . Para além disso, é também importante mencionar que atualmente a WEG da Maia conta com 40,61m para a temperatura controlada e 43,40m para a humidade, perfazendo um total de 84,01m. Sabendo que foram dimensionados 188,10m de estantes para esta secção, pode-se afirmar com elevada certeza que irá suprir as necessidades futuras.

### 5.5.3 Equipamentos de Manuseamento de Cargas

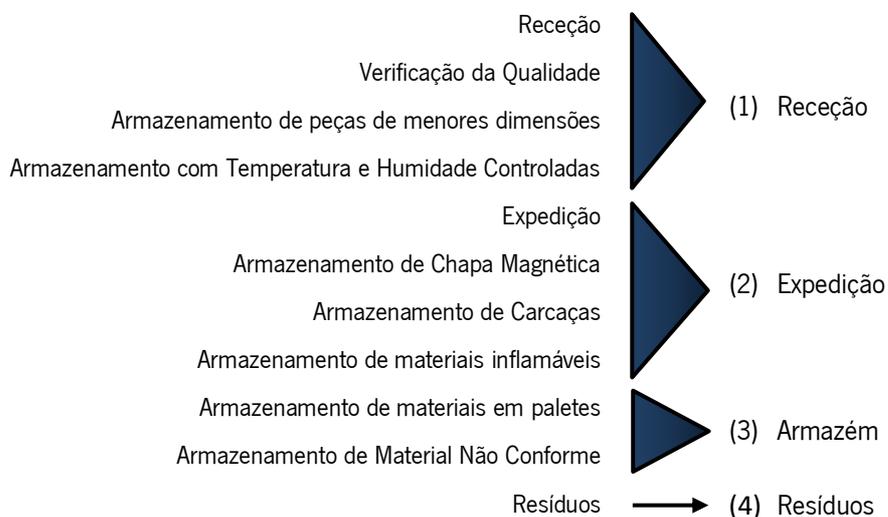
Com os equipamentos de armazenamento definidos passou-se para a escolha dos equipamentos de movimentação e de manuseamento de cargas. Tal como na secção anterior, aqui também houve a

necessidade de definir que áreas carecem deste tipo de equipamentos, pelo que foram seleccionadas as seguintes:

- Receção;
- Expedição;
- Verificação da Qualidade;
- Armazenamento de Peças de menores dimensões;
- Armazenamento de Materiais em Paletes;
- Armazenamento com Temperatura e Humidade Controladas;
- Armazenamento de Materiais Inflamáveis;
- Armazenamento de Material Não Conforme;
- Armazenamento de Chapa Magnética;
- Armazenamento de Carcaças;
- Resíduos.

Apesar da nova fábrica não contemplar uma área específica para resíduos, tal como mencionado na subsecção 5.1, mantém-se a necessidade de garantir um meio de transporte para os resíduos entre a nova fábrica e o atual depósito, pelo que a área de “Resíduos” foi considerada neste estudo.

Tendo em conta o tipo de materiais a movimentar e a unidade de carga em questão, das onze secções anteriores, passam-se a considerar as seguintes:



## **(1) Receção**

Sendo uma área caracterizada pela necessidade constante de arrumação de paletes e sempre em curtas distâncias, o equipamento selecionado foi o *stacker* elétrico, que pode ser visualizado na Figura 18. Este tipo de equipamentos oferece flexibilidade no transporte, facilitando a tarefa do operador ao deslocar os paletes de um ponto para o outro, sem necessitar de uma área alargada para a sua operação. Outra característica deste equipamento é o facto de poder armazenar em altura, contrastando com o porta-paletes.

Uma vez que se trata de uma área com duas equipas distintas, a equipa do armazém e a de verificação de qualidade, e com uma média de chegadas de fornecedores com paletes inferior a 1 fornecedor/hora, foram selecionados apenas dois *stackers*.

Já no que diz respeito à capacidade dos *stackers* em termos de peso admissível, a capacidade desejável seria de 2 toneladas de modo a garantir o cumprimento das suas funções, evitando em situações normais utilizar equipamentos das demais secções do armazém.

## **(2) Expedição**

Sendo uma secção de acumulação de produto acabado e de carregamento de camiões, para além da ponte rolante que já está prevista na estrutura do edifício (não será exclusiva para a expedição, capacitando também outras áreas produtivas), será ainda adquirido um empilhador. Este equipamento está pensado para agilizar o processo de carga de um camião, sendo este o responsável pela movimentação de produtos até 5 toneladas, pelo que os restantes serão movimentados através da ponte rolante. O facto de existirem estas duas variantes de equipamentos no mesmo local leva a que o processo de carregamento de camiões se torne mais rápido de modo a não ocupar a ponte rolante por grandes períodos de tempo. Este valor de 5 toneladas foi fixado como a capacidade máxima a suportar pelo empilhador uma vez que representa a capacidade necessária para movimentar a grande maioria dos motores vendidos.

Uma vez que, no momento da carga de um camião, é expectável ter a expedição com grandes taxas de ocupação, e de modo a não perturbar a movimentação do primeiro empilhador, apenas será adquirida uma unidade de empilhador.

Para além das tarefas relacionadas com a expedição, este empilhador pode ainda ser utilizado para descarregar matérias-primas mais pesadas, como materiais em construção soldada (por exemplo, as

carcaças), chapa magnética ou transformadores (que seguem diretos para a secção de soluções de automação e quadros elétricos).

### **(3) Armazém**

Tendo em atenção que os operadores do armazém da atual fábrica de Santo Tirso já têm o *know-how* de como trabalhar com retráteis e tendo em conta a possibilidade de troca de operadores entre os dois armazéns, por exemplo por aumento da carga de trabalho ou devido a baixa médica, será desejável manter este tipo de equipamento de movimentação. Assim sendo, foi prevista a necessidade de 2 retráteis de modo a realizarem-se tarefas de abastecimento e *picking* de matérias-primas no meio das estantes. A decisão sobre as duas unidades de equipamento foi tomada de modo a certificar que, em caso de avaria de um deles, haja sempre garantia de manter as operações do armazém. Isto porque, como os corredores entre as estantes têm uma largura específica, os restantes meios utilizados no armazém não conseguem substituí-los e realizar as suas atividades.

Tendo em conta que cada localização tem, no máximo, 1.200kg e que cada estante conta com oito níveis de altura, foi selecionada uma capacidade necessária de 2 toneladas, de modo a garantir que o equipamento selecionado garanta a segurança dos operadores, mesmo quando se manipula cargas em altura.

Já no que diz respeito ao abastecimento à fábrica, de modo a não se ocupar os retráteis com esta tarefa e numa tentativa de se evitar a movimentação de empilhadores junto dos operadores das diversas áreas produtivas, foi selecionado um *order-picker*, tal como o representado na Figura 33, com capacidade para movimentar duas paletes em simultâneo, num total de 2 toneladas.



Figura 33 - Exemplar de um *Order-Picker* (Jungheinrich, 2020).

### **(4) Resíduos**

Para a atividade de limpeza da fábrica foi selecionado um empilhador, com capacidade até 2 toneladas, exclusivamente para a eliminação de resíduos. Este empilhador beneficia de uma cabeça de garfos rotativa de modo a conseguir girar os recipientes de resíduos sobre os respetivos depósitos.

## **5.6 Fluxo de materiais**

Um outro aspeto que deve ainda ser considerado para o estudo deste *layout* são os fluxos que existem neste armazém. Para tal foram identificados os quatro grandes fluxos que envolvem as diversas tarefas diárias dos operadores, sendo eles: i) o fluxo de receção, ii) o fluxo de abastecimento do armazém às diversas áreas produtivas, iii) o fluxo de expedição e iv) o fluxo entre as duas fábricas de Santo Tirso. Os três primeiros foram definidos e encontram-se detalhados no *Apêndice I – Fluxos de Receção, Abastecimento e Expedição*.

Uma vez que o atual armazém da Maia e o futuro armazém de Santo Tirso têm a mesma função e contam com equipamentos e operações semelhantes, apresentando assim métodos de trabalho bastante aproximados, os fluxos do novo armazém foram definidos tendo por base os atuais fluxos na fábrica da Maia. Para tal foi analisada a situação atual, onde se questionou e avaliou cada etapa dos fluxos existentes e, tendo sempre presente as características do novo armazém, foram definidas as operações a efetuar, as responsabilidades, bem como a sua sequência. Como auxílio nesta tarefa foi utilizada a ferramenta *Bizagi*, que permitiu mapear todos estes fluxos.

Relativamente ao quarto fluxo, o fluxo entre as duas fábricas, aqui foram apenas definidos os materiais que iriam requerer este tipo de movimentações, pelo que a distribuição de tarefas entre operadores será detalhada em trabalhos futuros. Os materiais que usufruem deste tipo de fluxos foram mencionados ao longo da presente dissertação, passando a citar, todos aqueles que vêm em contentores e, por isso, são rececionados na atual fábrica de Santo Tirso, todas as barras de aço e tubos e inox que passam pelo serrote atualmente existente na fábrica de Santo Tirso, os resíduos da nova fábrica que seguem para um depósito comum e todos os moldes que são atualmente armazenados na atual fábrica e que irão permanecer lá armazenados.

## **5.7 Dimensionamento e *Layout***

Na presente secção é apresentada a metodologia utilizada para definir um *layout* que maximize a capacidade de armazenamento, sendo de seguida apresentada a solução obtida. Este objetivo visa colmatar a atual situação de falta de espaço para armazenar todo o material rececionado, pelo que será necessário atingir um arranjo entre as diversas áreas que possibilite o bom funcionamento do armazém.

### 5.7.1 Metodologia utilizada

Com os equipamentos de armazenamento e de movimentação selecionados, passa-se assim para o dimensionamento das áreas que compõem o armazém. Esta sequência de atividades revela-se indispensável uma vez que a área a ocupar em cada secção depende, em boa parte, dos equipamentos selecionados. Posto isso, para o dimensionamento de cada área do armazém foram analisados os equipamentos que iriam coexistir, o tipo de materiais envolvidos, o tipo de movimentações a efetuar, a previsão de vendas para 2030, as dimensões da Unidade Logística e a própria política de gestão de *stocks*.

Só com o valor de cada área definido é que se pode concluir sobre o dimensionamento do armazém, pelo que a área total corresponde ao somatório das diversas áreas que o constituem, tal como sugerido por Carvalho (2017) e representado na Figura 34.

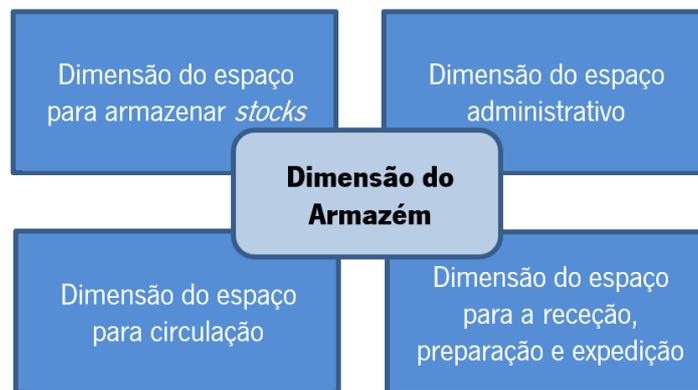


Figura 34 - Metodologia para o dimensionamento de uma infraestrutura de armazenagem (Adaptado de Carvalho (2017))

De forma complementar, procedeu-se à fase de definição do *layout*, onde se utilizaram ferramentas CAD como suporte, nomeadamente o AutoCad. Esta ferramenta, para além de permitir atingir a função objetivo de maximizar a capacidade de armazenamento, permitiu ainda a minimização das distâncias a percorrer tanto pelos operadores como pelos equipamentos de movimentação. Para tal, desenvolveu-se uma matriz inter-relações, de modo a poder-se verificar o grau relativo de dependência ou de proximidade entre as áreas que constituem o armazém. Para além disso, foram ainda estabelecidos um conjunto de passos a seguir para se atingir o *layout* do novo armazém, sendo eles:

- i. Localizar as áreas de receção e de expedição, tendo em conta tanto o fluxo produtivo como a própria estrutura do edifício;
- ii. Localizar as áreas de armazenagem, tendo em vista a proximidade com as respetivas zonas de abastecimento;

- iii. Obter e analisar diversas alternativas de *layout*, atendendo sempre ao cumprimento da capacidade necessária, à maximização da utilização do espaço e à minimização da distância percorrida;
- iv. Localizar as restantes áreas.

### 5.7.2 Solução

Através da análise da Figura 27 e pela justificativa apresentada na subsecção 5.2, relativamente ao sentido dos fluxos produtivos, os dois cais representados no canto superior esquerdo da figura, junto à zona identificada pela letra “A”, foram assinalados para a saída de materiais, pelo que esta área ficou dedicada à expedição. Já o cais junto à letra “C” foi definido como a entrada de materiais e, por isso, a área envolvente ao cais ficou destinada à área de receção.

Com a localização destas duas áreas definida e tendo em atenção os fluxos mencionados anteriormente, passou-se para o estudo das restantes áreas. De forma a conseguir-se avaliar o grau de importância da proximidade de cada uma delas, criou-se uma tabela onde se analisou, caso a caso, as vantagens e/ou desvantagens da proximidade de cada par de secções, que pode ser analisada no *Apêndice II – Pressupostos e Justificação para as Relações entre as diferentes Áreas*. Ainda neste apêndice podem ser consultados os pressupostos a ter em conta para a tomada de decisão. Como resultado foi utilizado um sistema de cores, onde a cor verde indica a necessidade de as duas áreas estarem próximas, até à cor vermelha, no caso de se tornar uma situação não desejável, e neste caso, possivelmente impeditiva para o bom funcionamento do armazém. A Figura 35 revela os resultados deste estudo:

Áreas	Escritórios	WC	Recepção	Expedição	Verificação Qualidade	Arm. Peças Menores Dim.	Temp. & Hum. Cont.	Arm. Paletes	Material Não Conforme	Arm. Chapa Magnética	Arm. Carcaças	Arm. Mat. Inflamáveis	Reuniões	Parque Empilhadores
Escritórios	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recepção	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Expedição	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Verificação Qualidade	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arm. Peças Menores Dim.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temp. & Hum. Cont.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arm. Paletes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Material Não Conforme	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arm. Chapa Magnética	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arm. Carcaças	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arm. Mat. Inflamáveis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Reuniões	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parque Empilhadores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	Necessário
	Desejável
	Indiferente
	Não Desejável

Figura 35 - Relações entre as diversas áreas.

#### i) Recepção e Verificação da Qualidade

Começando pela Recepção, como a sua localização já se encontra previamente definida, através da análise da Figura 35, definiu-se ainda a localização da área de verificação de qualidade. Estas duas áreas juntas perfizeram uma área total de 207,90m<sup>2</sup>, cumprindo assim o requisito de ter uma área equivalente à área que existe na atual fábrica de Santo Tirso.

#### ii) Expedição

Em termos de expedição, a sua localização também já se encontra previamente definida devido ao fluxo produtivo previsto e à localização dos cais. Para o seu dimensionamento, para além do espaço necessário para a entrada completa do reboque dos camiões, para a zona de apontamento onde a última secção produtiva da fábrica coloca o produto acabado e para o empilhador desta secção, foi ainda reservado espaço para alocar 28 motores já concluídos e prontos para o envio ao cliente. Este número foi calculado tendo em conta a capacidade produtiva prevista para a fábrica para 2030, para uma semana de produção, mais uma pequena folga, calculada tendo em conta o *mix* esperado para a produção. Esta pequena folga irá assim garantir versatilidade operacional à área de expedição. A área estipulada para o efeito teve em consideração a quantidade esperada de *stock* por gama de motor bem como as dimensões que cada produto acabado ocupava.

Além disso, como esta área é a única que permite a entrada de camiões dentro da fábrica, o que permite o acesso da ponte rolante à carga dos camiões, foi reservada uma pequena área para armazenar temporariamente todas as matérias-primas que necessitem deste tipo de método de descarga. A área ocupada para a expedição é, assim, de 936,00m<sup>2</sup>, ocupando na totalidade a área marcada com a letra “A” na Figura 27.

### iii) Armazenagem

Passando para as áreas de armazenagem, para além da desejável proximidade com as áreas de receção e de verificação da qualidade demonstradas na Figura 35, teve-se ainda em consideração o destino dos materiais armazenados em cada área.

Os valores das áreas necessárias encontram-se representados na

Tabela 10:

Tabela 10 - Valores das áreas de armazenamento.

Secção	Área (m <sup>2</sup> )
Armazenamento de peças de menores dimensões + zona <i>In e Out</i>	90,00
Armazenamento com Temperatura e Humidade Controladas	91,30
Armazenamento de materiais em paletes + material não conforme + Corredor Circulação	586,25
Armazenamento de Chapa Magnética + Corredor Circulação	189,00
Armazenamento de Carcaças + Corredor Circulação	676,90

De notar que a área de armazenamento de peças de menores dimensões conta com uma zona *In e Out* como suporte para o operador, permitindo-o colocar temporariamente os materiais que foram rececionados e que se encontram em espera para serem devidamente armazenados ou para preparar e dar como completos os pedidos efetuados pela produção, que ficam ali em espera até serem recolhidos.

#### iv) Armazenamento de Materiais Inflamáveis

Ainda na Figura 35, constata-se que a área de armazenamento de materiais inflamáveis é uma área bastante problemática no que diz respeito à sua localização. Como se trata de uma zona onde existem diversos produtos inflamáveis, seria uma boa prática separá-la das demais áreas e, assim, colocou-se na área designada com a letra “D” da Figura 27. Ou seja, foi colocada numa área exterior à fábrica, isolada dos restantes materiais e com boa ventilação natural, porém sempre protegida das condições climáticas. Em termos de espaço ocupado, foi considerada uma área equivalente à utilizada atualmente na fábrica de Santo Tirso, pelo que se contabilizaram 210m<sup>2</sup>. Os restantes 240m<sup>2</sup> representados na figura acima citada foram utilizados por outras áreas da empresa.

#### v) Parque de Empilhadores

Uma vez que o parque de empilhadores é uma área de proximidade desejável tanto para a receção como para a expedição e como estas áreas se encontram fisicamente distanciadas, colocou-se o equipamento destinado à expedição neste mesmo local e os restantes junto à receção. Esta decisão de separar o parque de empilhadores em duas áreas distintas garantiu a proximidade dos equipamentos de movimentação às respetivas áreas de manipulação. Deste modo, no parque de empilhadores da receção ficaram alocados seis equipamentos, ocupando uma área total de 46,20m<sup>2</sup>, e no parque da expedição ficou apenas um equipamento, ocupando uma área de 12,32m<sup>2</sup>, que foi contabilizada na área total da expedição.

#### vi) Áreas de apoio: escritórios, WC, área para reuniões com os operadores

No que diz respeito aos escritórios, foi feito um levantamento do número de operacionais que irão desempenhar funções administrativas, pelo que foi definida uma área de 60,50m<sup>2</sup>. A alocação do escritório no espaço disponível teve em consideração a proximidade com a receção e com as diferentes áreas fabris, uma vez que há operadores da produção que se deslocam até ao armazém para requisitar material.

Finalmente o WC e a “área para reuniões com os operadores do armazém” ficaram alocados junto ao escritório e ocuparam uma área de igual valor à que existe na atual fábrica de Santo Tirso, de 22,4m<sup>2</sup> e 9,00m<sup>2</sup> respetivamente. A área de reuniões ficou sobreposta à área de receção e verificação da qualidade, no entanto, no momento das reuniões, não existe qualquer atividade em funcionamento pelo que não existe perigo para os operadores do armazém. Esta solução foi definida uma vez que a área disponível neste ponto do estudo já era praticamente inexistente.

A restante área da zona marcada com a letra “C” da Figura 27 foi destinada a corredores de circulação quer para pessoas como para equipamentos de movimentação, contabilizando um total de 93,55m<sup>2</sup>.

Com base nestes dados foi definido o *layout*, que pode ser visualizado na Figura 36 e na Figura 37. De referir que este *layout* tem em vista a maximização da capacidade de armazenamento, pelo que pode não ser considerado o arranjo ótimo. Para além disso, como o armazém faz fronteira com a fábrica, foram definidas três portas de acesso às diversas unidades produtivas. A localização destas portas foi escolhida tendo em vista o alinhamento com os corredores da fábrica, de modo a evitar o máximo de curvas possível a realizar pelo meio de manuseamento. Além destes três acessos, foi ainda criada uma passagem na parte superior que permite o acesso à zona de expedição.

O *layout* da zona de expedição é o seguinte:

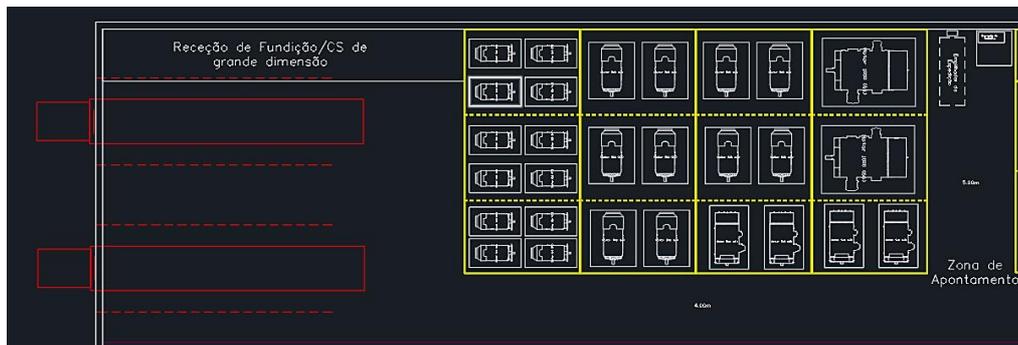
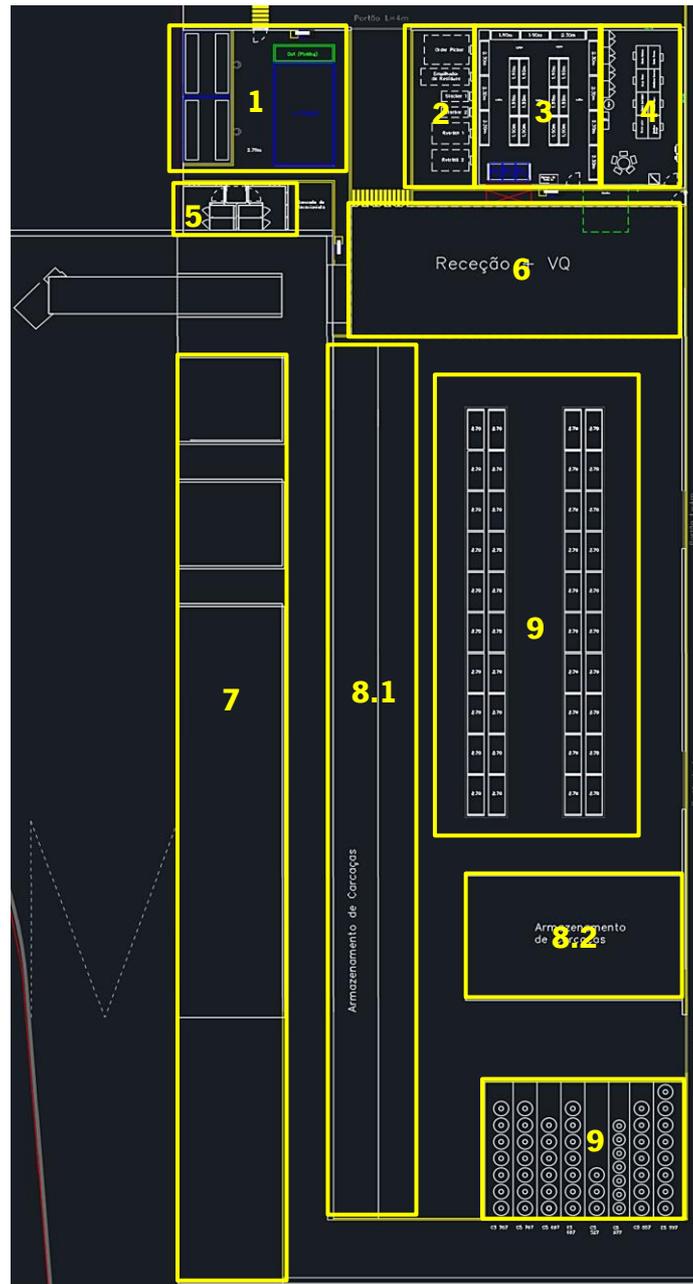


Figura 36 - *Layout* da secção da expedição.

Restante *layout*.



Legenda:

1	2	3	4	5	6	7	8.1 e 8.2	9
Armazenamento de peças de menores dimensões + zona <i>In</i> e <i>Out</i>	Parque de Empilhadores	Armazenamento com Temperatura e Humidade Controladas	Escritórios	WC	Recepção + Verificação da Qualidade + Área de Reunião	Armazenamento de Materiais Inflamáveis	Armazenamento de Carcaças	Armazenamento de Chapa Magnética

Figura 37 - *Layout* junto à recepção.

O *layout* geral do novo armazém da WEG de Santo Tirso pode ser visualizado no *Apêndice III – Layout geral da nova fábrica de Santo Tirso*.

## **5.8 Resultados esperados**

Com início previsto de construção para o ano de 2021, a WEG Portugal aumenta assim quer a sua oferta de produtos, quer a sua capacidade de produção com a construção de uma nova infraestrutura. O *layout* aqui proposto capacita o novo armazém de Santo Tirso de melhores condições quer a nível de equipamentos, capacidade de armazenamento, segurança para os operadores, flexibilidade, eficiência, como a nível de liberdade para a movimentação de equipamentos de manuseamento.

Em termos de capacidade de armazenamento, pode-se assinalar um acréscimo de 521 localizações para Europaletes, comparativamente ao que existe atualmente na fábrica da Maia. Este valor corresponde a um acréscimo de 118,7% de localizações, garantindo assim mais capacidade e flexibilidade ao novo armazém. Apesar de parecer elevado, este valor tem em conta que o número de localizações atualmente disponíveis na fábrica da Maia já não é suficiente para a realidade que a WEG enfrenta, pelo que já se utiliza o atual armazém de Santo Tirso como armazém auxiliar. Com a execução deste projeto pretende-se reduzir ao máximo a utilização da atual fábrica de Santo Tirso como apoio à nova fábrica, permitindo o crescimento de ambas as unidades. Ainda em termos de armazenamento, todas as unidades em Europaletes atualmente armazenadas na unidade de Santo Tirso serão transferidas para a nova unidade, libertando o atual armazém nesta localidade.

Relativamente à flexibilidade, o novo armazém foi ainda projetado para conseguir lidar com diversos tipos de materiais, com pesos, dimensões e características de armazenamento bastante variados. Para além disso, o próprio dimensionamento da área de armazenamento de paletes, sendo uma área de elevado impacto, foi ainda calculada tendo em conta uma taxa de ocupação para 2030 de 86%, o que garante ao armazém a flexibilidade adequada para garantir a boa execução das atividades logísticas aí praticadas.

Já no que diz respeito à segurança dos operadores, melhores condições a nível de equipamentos e liberdade para a movimentação de equipamentos de manuseamento, o facto de se dispor de novas instalações, com melhores condições de temperatura e luminosidade, novos equipamentos de armazenamento e corredores de circulação adequados para a circulação específica de cada tipologia de equipamentos de movimentação, faz com que o armazém se torne num local que possibilita uma maior segurança para todas as partes envolvidas.

Outro aspeto ainda a destacar é a decisão relativamente aos armazéns verticais automáticos. Estes equipamentos, além de uma menor necessidade de área ao nível do solo, apresentam também outras vantagens. Com base na análise de dados fornecidos pela empresa, é possível afirmar que o facto de se optar por um equipamento automático gera ainda alguns ganhos operacionais, dos quais pode-se destacar o cancelamento de tarefas mensais de limpeza de estantes e de materiais, que atualmente exige cerca de 8 horas de trabalho por mês; uma diminuição nos tempos de *picking*, chegando a atingir reduções de até 75% do tempo gasto atualmente; uma diminuição do valor de correções de *stock* em quase 90%, o que, conseqüentemente, gera ganhos por libertar os operadores para realizar outras tarefas; origina um aumento da assertividade dos vários inventários físicos e melhora as condições de trabalho dos operadores que passam a realizar as suas funções num equipamento muito mais ergonómico, comparativamente às estantes convencionais para *picking* manual.

Relativamente aos custos a suportar pela execução deste projeto, como se trata de dados sensíveis e, por isso, críticos para a WEG, não puderam ser revelados no decorrer da presente dissertação.

## 5.9 Desafios Associados

Relativamente à questão de investigação presente nesta dissertação, que visa perceber quais os principais desafios associados ao projeto de um armazém de apoio à produção, é possível enumerar algumas variáveis que, sendo desconhecidas, mas, ainda assim relevantes a ter em consideração para o projeto, representaram desafios para o mesmo. Estas variáveis são:

- i) Estabilidade no padrão de encomendas: Dado que o tipo de produção existente na WEG da Maia é uma produção por encomenda e não uma produção em massa, a procura do cliente final ao dia de hoje pode não representar a procura sentida daqui por 5 ou 10 anos;
- ii) Qualidade das previsões utilizadas: Mesmo que a tendência do tipo de encomendas se mantenha, nada garante que as previsões utilizadas para o cálculo das necessidades para 2030 está correta. A previsão pode estar acima ou abaixo do que efetivamente acontecerá;
- iii) Qualidade dos dados recolhidos: Como existe uma delimitação do que é material considerado “para *stock*” e “para a ordem” e esta classificação está em constante revisão, os materiais que serviram de base para este projeto, ou seja, os materiais para *stock*, podem não representar a realidade do armazém para 2030, tanto em termos de quantidade como de características;

- iv) Alteração de matérias-primas: Sendo a WEG uma empresa que aposta na investigação e é caracterizada pela constante inovação, a lista de materiais que constituem o produto final pode ser alterada, alterando também os materiais que são armazenados. Assim, é possível que se esteja a limitar o projeto do armazém pela necessidade de determinada característica, vindo esta a baixar ou deixar de existir no futuro.
- v) Dimensionamento e *layout* das diversas áreas: Esta fase no projeto do novo armazém acabou por se revelar uma fase de elevada complexidade e morosa, que obrigou à avaliação de diversas alternativas de *layout* e à consequente estimativa das dimensões de cada área.

## **6. CONCLUSÕES FINAIS E PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS**

Neste capítulo são apresentadas as conclusões da presente dissertação, que visa o projeto do armazém da nova fábrica de Santo Tirso, ainda a construir. Com este projeto pretende-se colmatar as dificuldades atualmente sentidas por parte da WEG e que comprometem diariamente quer o desempenho das suas instalações, quer a qualidade dos seus produtos e serviços. Esta necessidade por um edifício de maiores dimensões advém do atual nível de produção elevado assim como da perspetiva de crescimento prevista. Para o ano de 2030 está estimado um aumento de produção de, aproximadamente, 72% comparativamente com o ano de 2019.

Espera-se assim que a expansão do parque industrial da Ermida, em Santo Tirso, venha proporcionar uma maior capacidade, flexibilidade e segurança, tanto para os operadores como para os materiais envolvidos. A construção de um novo edifício de maiores dimensões irá não só permitir a WEG a um aumento na sua capacidade produtiva e de armazenamento, mas também à produção de motores elétricos até 60 toneladas, contrastando com as 20 toneladas atualmente em vigor, pelo que irá permitir a expansão do seu portfólio de produtos.

Posteriormente é ainda apresentada uma secção de trabalhos futuros, que proporciona à WEG uma oportunidade de continuidade e melhoria face ao trabalho aqui desenvolvido.

### **6.1 Conclusões do Projeto**

O foco deste estudo de caso passou assim pelo projeto do novo armazém, ainda por construir, partindo sempre das necessidades sentidas pela atual fábrica da Maia. De forma a obter-se uma melhor compreensão sobre o tipo de necessidades que esta unidade exigia, efetuou-se um estudo detalhado sobre os materiais que lá eram armazenados. Para além disso, houve ainda a necessidade de se analisar o tipo de equipamentos que eram utilizados, quer para o manuseamento quer para a armazenagem. O facto de serem armazenados materiais tão peculiares, com pesos e dimensões tão elevados, obrigou a cuidados redobrados no momento do projeto do novo armazém.

À medida que a análise da situação atual foi avançando, foi-se percebendo também que tipo de fluxos estavam envolvidos no atual armazém da Maia e quais as dificuldades que este enfrentava face à situação vivida atualmente pela WEG. Comparativamente aos recursos que a empresa possuía, a carga de trabalho já estava num nível tão elevado, que facilmente se identificou um dos problemas atualmente

em vigor, sendo ele a falta de espaço. Este problema aparentemente singular, estabelecia uma enorme pressão e *stress* sobre os operadores do armazém.

Deste modo, o *layout* do novo armazém teve como objetivo a maximização da capacidade de armazenamento, atendendo sempre à fácil e rápida movimentação dos seus materiais e ao bem-estar dos operadores. Tendo em atenção as fases mencionadas por Oxley (1994), passou-se para o projeto do novo armazém. No decorrer desta fase foi ainda necessário começar por definir alguns pressupostos e as áreas que eram realmente necessárias na nova infraestrutura. Com as bases do projeto bem estabelecidas, definiu-se ainda o método utilizado para a previsão das necessidades de cada secção de armazenagem. Uma vez aplicado, obtiveram-se dados sobre as capacidades de armazenamento necessárias, pelo que já se podiam definir os diversos sistemas de armazenamento a utilizar, os equipamentos necessários para a movimentação dos materiais assim como os fluxos envolvidos, quer sejam eles entre as diversas áreas do armazém ou entre estas e a produção.

Chegando à fase de definir o *layout* para o armazém, construiu-se uma matriz que representava o grau de proximidade desejado para cada pare de secções. Este grau de proximidade foi calculado tendo em conta aspetos como a partilha de equipamentos ou de materiais, a segurança ou conveniência dos operadores e o tipo de fluxos existentes, com vista a reduzir as distâncias percorridas. Para além disso, foi ainda definida uma série de passos que estipulou a prioridade dada às diversas áreas no momento da construção do *layout*. Com estes fatores em mente, passou-se a alocar as diversas áreas conforme a proximidade desejada e o espaço disponível.

Assim espera-se que este *layout* garanta a capacidade necessária para 2030, mantendo sempre em mente fatores como flexibilidade, capacidade de armazenamento, eficiência e segurança. Caso a empresa não esteja disposta a adquirir a totalidade dos equipamentos no momento da construção, foram ainda efetuados cálculos que mencionam a capacidade necessária para 2024, ou seja, para o momento do arranque da nova fábrica. Estes números representam a capacidade que é obrigatória possuir naquele momento, pelo que os restantes equipamentos podem ser adquiridos *a posteriori*.

Relativamente à questão de investigação, para além da complexidade associada ao dimensionamento e *layout* das diversas áreas que compõem o armazém, os principais desafios associados ao seu projeto são, tal como discutido na seção 5.9, os que resultam da incerteza associada quer ao volume da procura a médio-longo prazo, quer à natureza futura da mesma procura. Assim, destaca-se a necessidade de garantir a máxima flexibilidade no projeto do novo armazém a fim de garantir a capacidade de adaptação

a eventuais alterações que não tenham sido contempladas nos estudos de previsão realizados ao longo deste projeto.

## **6.2 Trabalhos Futuros**

Para futuro, no sentido de dar continuidade ao trabalho aqui desenvolvido, sugere-se a definição de uma equipa responsável pelo projeto do novo armazém, cujas atividades passam por identificar, gerir e solucionar possíveis problemas decorrentes da mudança de instalações e a definição de um plano relativamente à aquisição e implementação dos novos equipamentos e outro para a transferência das pessoas envolvidas das instalações da Maia para as novas instalações de Santo Tirso. Assim que as novas instalações estiverem em funcionamento, será ainda necessário dar formação aos operadores que ficarem responsáveis pelos armazéns verticais automáticos.

Para além disso, será ainda necessário definir os novos fluxos entre as duas fábricas que irão pertencer ao complexo industrial da Ermida, em Santo Tirso. Assim que as duas fábricas estiverem em pleno funcionamento, irá existir a troca de materiais entre as duas estruturas e, por isso, será necessário haver um fluxo bem delineado, onde se encontram representadas todas as atividades e responsabilidades a efetivar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altarazi, S. A., & Ammouri, M. M. (2018). Concurrent manual-order-picking warehouse design: a simulation-based design of experiments approach. *International Journal of Production Research*, 56(23), 7103–7121. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1421780>
- Ang, M., & Lim, Y. F. (2019). How to optimize storage classes in a unit-load warehouse. *European Journal of Operational Research*, 278(1), 186–201. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.03.046>
- Baker, P., & Canessa, M. (2009). Warehouse Design: A structured approach. *European Journal of Operational Research*, 193, 425–436. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.11.045>
- Baker, P., & Perotti, S. (2008). *UK Warehouse Benchmarking Report*, Cranfield School of Management, Cranfield
- Bartholdi, J., & Hankman, S. (2019). *Warehouse & distribution science* (Issue August). <http://www.warehouse-science.com/>
- Boysen, N., de Koster, R., & Weidinger, F. (2019). Warehousing in the e-commerce era: A survey. *European Journal of Operational Research*, 277(2), 396–411. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.08.023>
- Carvalho, J. C. (2017). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento* (2ª Edição). Lisboa: Edições Sílabo.
- Carvalho, J. C., & Filipe, J. C. (2014). *Manual de Estratégia - Conceitos, Prática e Roteiro* (4ª Edição). Lisboa: Edições Sílabo.
- Christopher, M., & Towill, D. R. (2002). Developing Market Specific Supply Chain Strategies. *The International Journal of Logistics Management*, 13(1), 1–14. <https://doi.org/10.1108/09574090210806324>
- Cirrus Logistics. (2020). *Warehouse 2020: Survey Analysis [White Paper]*. February 2019. [https://www.voiteq.com/wp-content/uploads/2019/02/Cirrus\\_Warehouse-2020-1.pdf](https://www.voiteq.com/wp-content/uploads/2019/02/Cirrus_Warehouse-2020-1.pdf)
- CSCMP. (2020). *CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary*. Retrieved March 19, 2020, from [https://cscmp.org/CSCMP/Academia/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms/CSCMP/Educate/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921](https://cscmp.org/CSCMP/Academia/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921)
- De Koster, R. B. M., Johnson, A. L., & Roy, D. (2017). Warehouse design and management. *International Journal of Production Research*, 55(21), 6327–6330. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1371856>

- de Koster, R. B. M., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). Design and control of warehouse order picking: a literature review. *European Journal of Operational Research*, 182(2), 481–501. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.07.009>
- Establish. (2016). *Logistics Cost and Service 2015* (Issue May). In: Presented at Council of Supply Chain Managers Council 2015.
- Frazelle, E. (2001). *World-Class Warehousing and Material Handling* (1st Editio). New York: McGraw-Hill Education.
- Frazelle, E. (2002). *Supply Chain Strategy: The Logistics of Supply Chain Management*. The McGraw-Hill Companies, Inc. <https://doi.org/10.1036/0071418172>
- Geraldes, C. A. S., Carvalho, M. S. F. B. S., & Pereira, G. A. B. (2008). A warehouse design decision model - Case study. *IEMC-Europe 2008 - 2008 IEEE International Engineering Management Conference, Europe: Managing Engineering, Technology and Innovation for Growth*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/IEMCE.2008.4618004>
- Glatzel, C., & Niemeyer, A. (2014). Excellence In Supply Chain Management. In *Operations Practice* (pp. 1–112). Retrieved March 18, 2020.
- Gong, Y., & de Koster, R. B. M. (2011). A review on stochastic models and analysis of warehouse operations. *Logistics Research*, 3(4), 191–205. <https://doi.org/10.1007/s12159-011-0057-6>
- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 177(1), 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.02.025>
- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2010). Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 203(3), 539–549. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.07.031>
- Gue, K. R., Ivanović, G., & Meller, R. D. (2012). A unit-load warehouse with multiple pickup and deposit points and non-traditional aisles. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48(4), 795–806. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2012.01.002>
- Hassan, M. M. D. (2002). A framework for the design of warehouse layout. *Facilities*, 20(13), 432–440. <https://doi.org/10.1108/02632770210454377>
- Hausladen, I., & Dachsel, B. (2017). *Analysis of Supply Chain Influences* (Issue 161). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14343.60320>
- Heizer, J., & Render, B. (2011). *Operations Management* (Tenth Edit). New Jersey: Pearson Education Limited.

- Jungheinrich. (2020). *Jungheinrich*. Retrieved April 18, 2020, from <https://www.jungheinrich.pt/>
- Lambert, D. M., Stock, J. R., & Ellram, L. M. (1998). *Fundamentals of Logistics Management*. USA: McGraw-Hill Education.
- Logística Moderna. (2020). *O que a automação vai trazer à logística*. Retrieved April 14, 2020, from <https://logisticamoderna.com/o-que-e-que-a-automacao-vai-trazer-a-logistica/>
- Lopes dos Reis, R. (2017). *Manual de Logística - Teoria e Prática* (1ª edição). Lisboa: Editorial Presença.
- Manzini, R., Bozer, Y., & Heragu, S. (2015). Decision models for the design, optimization and management of warehousing and material handling systems. *International Journal of Production Economics*, 170, 711–716. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.08.007>
- Mecalux. (2014, October). *Soluções de armazenamento para paletes*. 1–32.
- Mecalux. (2019, July). *Soluções de armazenagem*. 1–48.
- Mourtzis, D., Samothrakis, V., Zogopoulos, V., & Vlachou, E. (2019). Warehouse Design and Operation using Augmented Reality technology: A Papermaking Industry Case Study. *Procedia CIRP*, 79, 574–579. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.097>
- Oxley, J. (1994). Avoiding Inferior Design. *Storage Handling and Distribution*, 38(2), 28–30.
- Peixoto, R., Dias, L., Carvalho, M. S., Pereira, G., & Geraldês, C. A. S. (2016). An automated warehouse design validation using discrete simulation. *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC*, 199–204. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2016.7795554>
- Penske Logistics. (2020). *Projeto de Armazém*. Retrieved March 18, 2020, from <https://www.penskelogistics.com/south-america/pt/solutions/warehousing-and-distribution/warehouse-design/>
- Richards, G. (2018). *Warehouse Management: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern supply chain* (Third Edit). London: Kogan Page Limited.
- Roodbergen, K., & Vis, I. (2006). A model for warehouse layout. *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*, 38(10), 799–811. <https://doi.org/10.1080/07408170500494566>
- Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., Van Houtum, G. J., Mantel, R. J., & Zijm, W. H. M. (2000). Warehouse design and control: Framework and literature review. *European Journal of Operational Research*, 122(3), 515–533. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00020-X](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00020-X)
- Rushton, A., Baker, P., & Croucher, P. (2017). *The Handbook of Logistics and Distribution Management* (6th Editio). London: Kogan Page.
- Rushton, A., Oxley, J., & Croucher, P. (2000). *The Handbook of Logistics and Distribution Management* (2nd Editio). London: Kogan Page.

- Saunders, M., Lewis, P., & Adrian, T. (2009). *Research methods for business students* (5th ed.). London: Pearson Education.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnstson, R. (2013). *Operations Management* (Seventh Ed). London: Pearson Education Limited.
- Stevenson, W. J. (2015). *Operations Management* (Twelfth Ed). New York: McGraw-Hill Education.
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y., Frazelle, E. H., & Tanchoco, J. M. A. (2003). *Facilities Planning* (3rd Editio). John Wiley & Sons.
- Vitasek, K. (2013). *Supply Chain Management: Terms and Glossary* (Issue August).  
[https://doi.org/10.1007/978-1-349-94186-5\\_366](https://doi.org/10.1007/978-1-349-94186-5_366)
- Wild, T. (2002). *Best Practice in Inventory Management* (Second Edi). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Wruck, S., Vis, I. F. A., & Boter, J. (2017). Risk control for staff planning in e-commerce warehouses. *International Journal of Production Research*, 55(21), 6453–6469.  
<https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1207816>
- Yener, F., & Yazgan, H. R. (2019). Optimal warehouse design: Literature review and case study application. *Computers and Industrial Engineering*, 129(January), 1–13.  
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.006>

**APÊNDICE I – FLUXOS DE RECEÇÃO, ABASTECIMENTO E EXPEDIÇÃO**

Fluxo de Receção:

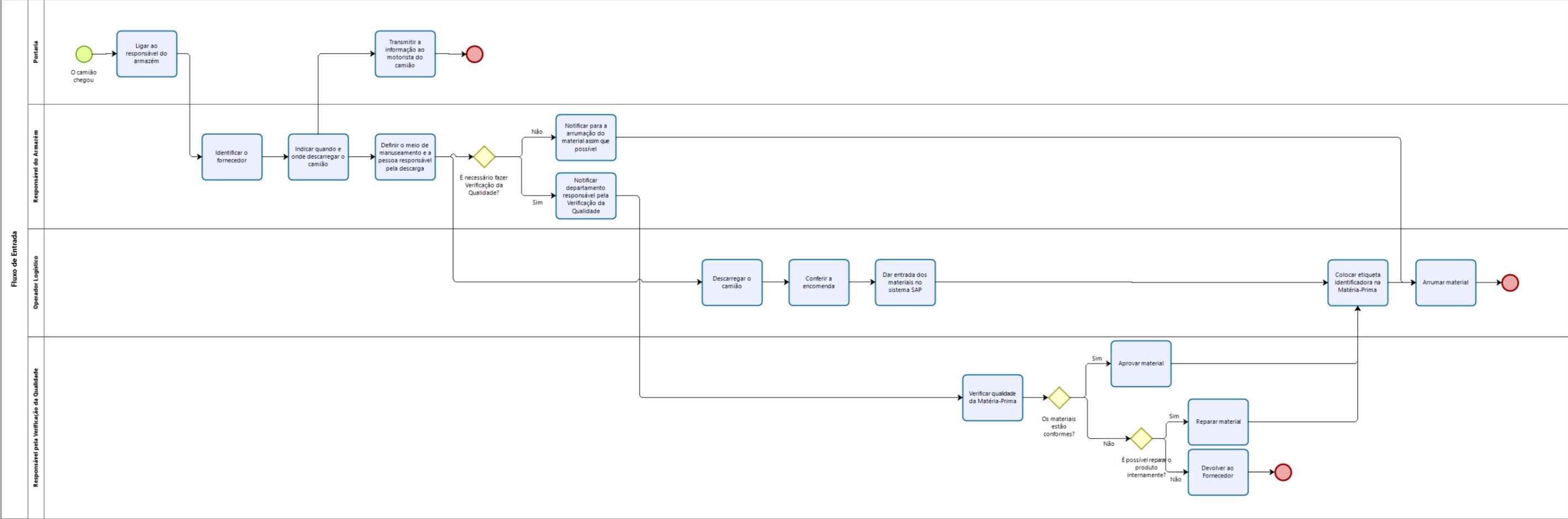
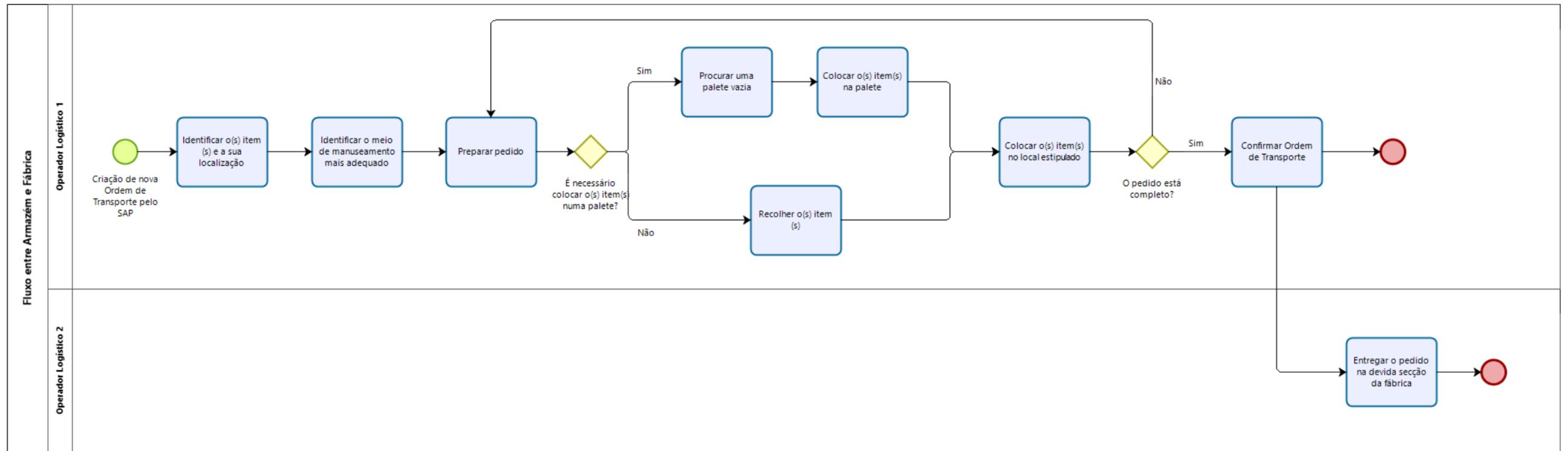


Figura 38 - Fluxo de Receção.

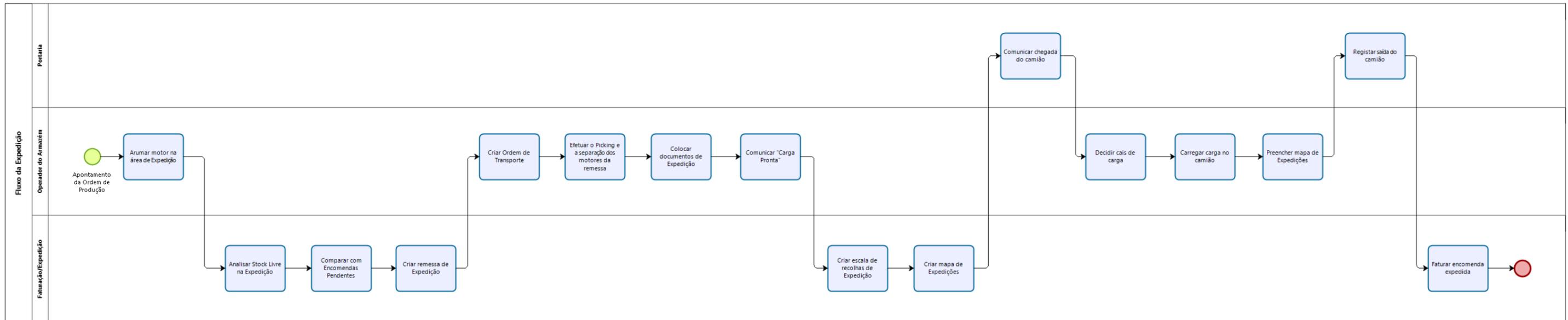
Fluxo de abastecimento entre o armazém e as diferentes áreas produtivas:



Powered by bizagi Modeler

Fluxo de Expedição:

Figura 39 - Fluxo de abastecimento entre o armazém e as diferentes áreas produtivas.



Powered by bizagi Modeler

Figura 40 - Fluxo de Expedição.

## APÊNDICE II – PRESSUPOSTOS E JUSTIFICAÇÃO PARA AS RELAÇÕES ENTRE AS DIFERENTES ÁREAS DO ARMAZÉM

Pressupostos:

- Nas áreas denominadas por “Escritórios”, “WC”, “Verificação de Qualidade”, “Armazenamento de peças de menores dimensões” e “Zona de Temperatura e Humidade Controladas” existe uma movimentação frequente de pessoas.
- No momento da reunião com os operadores, todas as atividades do armazém são interrompidas, pelo que não há circulação de qualquer tipo de equipamento de movimentação.
- O material não conforme é armazenado no mesmo local que os restantes materiais em paletes, mas em localizações específicas para não provocar a troca de materiais.

Tabela 11 - Justificativa das relações entre as diferentes áreas.

Área	Justificação
<b>Escritórios</b>	WC - Desejável pela conveniência para os utilizadores e para a movimentação de pessoas.
	Receção - Desejável para a receção de fornecedores e para assinar guias de transporte.
	Expedição - Desejável para a receção de clientes e para assinar guias de transporte.
	Verificação Qualidade - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Arm. Peças Menores Dim. - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Temp. & Hum. Cont. - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Arm. Paletes - Não desejável para não haver movimentação de empilhadores junto de pessoas.
	Material Não Conforme - Não desejável para não haver movimentação de empilhadores junto de pessoas.
	Arm. Chapa Magnética - Não desejável para não haver movimentação de empilhadores junto de pessoas.
	Arm. Carcaças - Não desejável para não haver movimentação de empilhadores junto de pessoas.
	Arm. Mat. Inflamáveis - Não desejável para uma maior segurança das pessoas.
	Reuniões - Desejável pela conveniência para os utilizadores.
Parque Empilhadores - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra. Aqui, os empilhadores ou estão parados ou deslocam-se a baixas velocidades.	

Área	Justificação
<b>WC</b>	Receção - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Expedição - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Verificação Qualidade - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Arm. Peças Menores Dim. - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Temp. & Hum. Cont. - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Arm. Paletes - Não desejável para não haver movimentação de empilhadores junto de pessoas.
	Material Não Conforme - Não desejável para não haver movimentação de empilhadores junto de pessoas.
	Arm. Chapa Magnética - Não desejável para não haver movimentação de empilhadores junto de pessoas.
	Arm. Carcaças - Não desejável para não haver movimentação de empilhadores junto de pessoas.
	Arm. Mat. Inflamáveis - Não desejável para uma maior segurança das pessoas.
	Reuniões - Desejável pela conveniência para os utilizadores.
	Parque Empilhadores - Não desejável para uma maior segurança das pessoas.
<b>Receção</b>	Expedição - Não desejável para não haver cruzamento de fluxos e, com isso, não afetar a performance dos operadores que trabalham tanto numa área como na outra.
	Verificação Qualidade - Necessário para garantir o normal funcionamento dos fluxos envolvidos.
	Arm. Peças Menores Dim. - Desejável de modo a tentar diminuir as distâncias percorridas pelos operadores e, com isso, tentar diminuir o tempo gasto em movimentações.
	Temp. & Hum. Cont. - Desejável de modo a tentar diminuir as distâncias percorridas pelos operadores e, com isso, tentar diminuir o tempo gasto em movimentações.
	Arm. Paletes - Desejável de modo a tentar diminuir as distâncias percorridas pelos operadores e, com isso, tentar diminuir o tempo gasto em movimentações.
	Material Não Conforme - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Arm. Chapa Magnética - Desejável de modo a tentar diminuir as distâncias percorridas pelos operadores e, com isso, tentar diminuir o tempo gasto em movimentações.
	Arm. Carcaças - Desejável de modo a tentar diminuir as distâncias percorridas pelos operadores e, com isso, tentar diminuir o tempo gasto em movimentações.
	Arm. Mat. Inflamáveis - Desejável de modo a garantir a entrada e saída deste tipo de materiais.
	Reuniões - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Parque Empilhadores - Desejável porque existe partilha de equipamentos de movimentação.

Área	Justificação
<b>Expedição</b>	Verificação Qualidade - Devido às características físicas do produto final, não é desejável a proximidade destas áreas para uma maior segurança dos operadores.
	Arm. Peças Menores Dim. - Devido às características físicas do produto final, não é desejável a proximidade destas áreas para uma maior segurança dos operadores.
	Temp. & Hum. Cont. - Devido às características físicas do produto final, não é desejável a proximidade destas áreas para uma maior segurança dos operadores.
	Arm. Paletes - Não desejável para não interferir nas atividades realizadas em cada zona.
	Material Não Conforme - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Arm. Chapa Magnética - Desejável pela partilha de equipamentos.
	Arm. Carcaças - Desejável pela partilha de equipamentos.
	Arm. Mat. Inflamáveis - Não desejável para uma maior segurança das pessoas.
	Reuniões - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Parque Empilhadores - Desejável pela partilha de equipamentos.
<b>Verificação de Qualidade</b>	Arm. Peças Menores Dim. - Desejável de modo a tentar diminuir as distâncias percorridas pelos operadores e, com isso, tentar diminuir o tempo gasto em movimentações.
	Temp. & Hum. Cont. - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Arm. Paletes - Desejável de modo a tentar diminuir as distâncias percorridas pelos operadores e, com isso, tentar diminuir o tempo gasto em movimentações.
	Material Não Conforme - Desejável porque assim que um material é rejeitado, segue da verificação de qualidade para o material não conforme.
	Arm. Chapa Magnética - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Arm. Carcaças - Desejável de modo a tentar diminuir as distâncias percorridas pelos operadores e, com isso, tentar diminuir o tempo gasto em movimentações.
	Arm. Mat. Inflamáveis - Não desejável para uma maior segurança das pessoas.
	Reuniões - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Parque Empilhadores - Desejável pela partilha de equipamentos.
<b>Armazenamento de peças de menores dimensões</b>	Temp. & Hum. Cont. - Desejável por ter alocada a mesma equipa de trabalho.
	Arm. Paletes - Não desejável para não haver movimentação de empilhadores junto de pessoas.
	Material Não Conforme - Não desejável para não haver movimentação de empilhadores junto de pessoas.
	Arm. Chapa Magnética - Não desejável para não haver movimentação de empilhadores junto de pessoas.
	Arm. Carcaças - Não desejável para não haver movimentação de empilhadores junto de pessoas.
	Arm. Mat. Inflamáveis - Não desejável para uma maior segurança das pessoas.
	Reuniões - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Parque Empilhadores - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.

Área	Justificação
<b>Zona de Temperatura e Humidade Controladas</b>	Arm. Paletes - Não desejável para não haver movimentação de empilhadores junto de pessoas.
	Material Não Conforme - Não desejável para não haver movimentação de empilhadores junto de pessoas.
	Arm. Chapa Magnética - Não desejável para não haver movimentação de empilhadores junto de pessoas.
	Arm. Carcaças - Não desejável para não haver movimentação de empilhadores junto de pessoas.
	Arm. Mat. Inflamáveis - Não desejável para uma maior segurança das pessoas.
	Reuniões - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Parque Empilhadores - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
<b>Armazenamento de Materiais em Paletes</b>	Material Não Conforme - Necessário pela partilha de equipamentos.
	Arm. Chapa Magnética - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Arm. Carcaças - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Arm. Mat. Inflamáveis - Não desejável para uma maior segurança das pessoas.
	Reuniões - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Parque Empilhadores - Desejável de modo a tentar diminuir as distâncias percorridas pelos operadores e, com isso, tentar diminuir o tempo gasto em movimentações.
<b>Material Não Conforme</b>	Arm. Chapa Magnética - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Arm. Carcaças - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Arm. Mat. Inflamáveis - Não desejável para uma maior segurança das pessoas.
	Reuniões - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Parque Empilhadores - Desejável de modo a tentar diminuir as distâncias percorridas pelos operadores e, com isso, tentar diminuir o tempo gasto em movimentações.
<b>Armazenamento de Chapa Magnética</b>	Arm. Carcaças - Desejável pela partilha de equipamentos.
	Arm. Mat. Inflamáveis - Não desejável para uma maior segurança das pessoas.
	Reuniões - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Parque Empilhadores - Desejável de modo a tentar diminuir as distâncias percorridas pelos operadores e, com isso, tentar diminuir o tempo gasto em movimentações.
<b>Armazenamento de Carcaças</b>	Arm. Mat. Inflamáveis - Não desejável para uma maior segurança das pessoas.
	Reuniões - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.
	Parque Empilhadores - Desejável de modo a tentar diminuir as distâncias percorridas pelos operadores e, com isso, tentar diminuir o tempo gasto em movimentações.
<b>Armazenamento de Materiais Inflamáveis</b>	Reuniões - Não desejável para uma maior segurança das pessoas.
	Parque Empilhadores - Não desejável para uma maior segurança das pessoas (risco de explosão).
<b>Reuniões</b>	Parque Empilhadores - Indiferente porque uma zona não interfere no bom funcionamento da outra.

### APÊNDICE III – LAYOUT GERAL DA NOVA FÁBRICA DE SANTO TIRSO

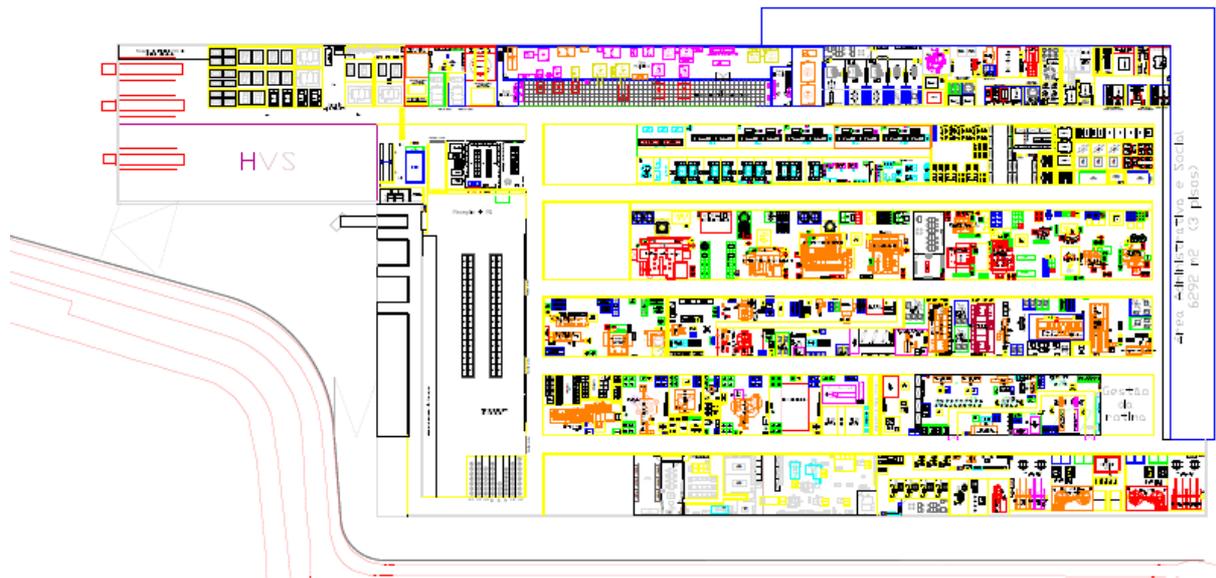


Figura 41 - Proposta de *layout* para a nova fábrica.