



## Melhoria dos Processos Logísticos em Ambiente Industrial

**SARA ISABEL OLIVEIRA SOARES DA COSTA**

Outubro de 2019

# MELHORIA DOS PROCESSOS LOGÍSTICOS EM AMBIENTE INDUSTRIAL

Sara Isabel Oliveira Soares da Costa



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
2019



Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Unidade Curricular de Tese/Dissertação, do 2º ano, do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, ramo de Sistemas de Planeamento Industrial

Candidato: Sara Isabel Oliveira Soares da Costa, N° 1170260, 1170260@isep.ipp.pt

Orientação científica: Susana Cláudia Nicola Araújo, sca@isep.ipp.pt

Coorientação científica: Jorge Manuel Pires Mendonça, jmp@isep.ipp.pt

Empresa: Marsil Artes Gráficas Lda.

Orientador: António André da Costa Moreira, andre.moreira@marsil.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

10 de outubro de 2019



## *Agradecimentos*

No desenvolvimento deste trabalho foram várias as pessoas envolvidas que desempenharam um papel importante. Deste modo, quero demonstrar o meu agradecimento a todos aqueles que contribuíram para a realização deste projeto.

À professora Susana Nicola, agradeço pela orientação, partilha de conhecimentos, disponibilidade e atenção durante a elaboração deste trabalho.

Ao professor Jorge Mendonça pela sua colaboração neste projeto.

Ao meu orientador da empresa, engenheiro André Moreira, agradeço pela oportunidade da realização do estágio curricular na empresa, por todo o apoio e ajuda disponibilizada.

Agradeço à empresa Marsil – Artes Gráficas Lda. e a todos os seus colaboradores pela simpatia, acolhimento e por toda a ajuda prestada.

À minha família pelo apoio e carinho e principalmente aos meus pais pelo acompanhamento de todo o meu percurso académico.

Ao meu namorado pela compreensão, apoio e dedicação durante a realização da minha tese de mestrado.

Aos meus amigos pelos conselhos e motivação que me deram durante a realização deste projeto.



## *Resumo*

Atualmente as empresas têm-se desenvolvido num ambiente macroeconómico industrial, caracterizado por uma intensa competitividade. O sucesso de uma organização depende da capacidade de adaptação às exigências do mercado, e também da eficiência das práticas implementadas. Deste modo, o aumento da produtividade nas operações de armazenamento proporciona a otimização dos processos logísticos da empresa, possibilitando assim uma vantagem competitiva.

A presente dissertação foi elaborada em contexto industrial na empresa Marsil – Artes Gráficas Lda., na área da logística. Ocorreu a integração num projeto já existente, cujo objetivo era a reestruturação de todo o sistema logístico da empresa. O estudo apresentado focou-se na organização dos espaços de armazém de produto acabado. E desta forma, na otimização dos processos de armazenamento, principalmente no processo de *picking*. Uma vez que esta atividade representa 55% do total dos custos operacionais de um armazém, a sua melhoria origina um elevado benefício para a empresa.

Neste sentido, foram aplicadas diversas metodologias, nomeadamente a filosofia *Lean*, o desenho do *layout* do armazém utilizando um *software* CAD, a Análise ABC, o estudo da eficiência do *picking* e a criação de um código alfanumérico para a localização dos artigos.

Por fim, foi ainda formulado um modelo matemático para a alocação de artigos no novo armazém, considerando a distância percorrida no armazém durante a atividade de *picking* e as diferentes prioridades de expedição das encomendas.

### *Palavras-Chave*

Logística, Armazenamento, *Layout*, *Lean*, Formulação Matemática



## *Abstract*

Nowadays, companies have developed through in an industrial macroeconomic environment, characterized by tough competitiveness. The success of an organization depends on their ability to adapt to market demands, and the efficiency of their implemented practices. By increasing the productivity of their storage operations, companies are optimizing their logistics processes, as well as they are developing a competitive advantage.

The present work was elaborated in an industrial context in the company Marsil - Artes Gráficas Lda, in logistics department. There was integration into an existing project, whose objective was to restructure the entire logistics system of the company. This presented study focused on the organization of finished product warehouse spaces. And thus, in the optimization of storage processes, especially in the picking process. Since this activity accounts for 55% of a warehouse's total operating costs, improving it yields a high benefit to the company.

In this sense, several methodologies were applied, such as Lean philosophy, warehouse layout design using CAD software, ABC Analysis, the study of picking efficiency and the creation of an alphanumeric code for the location of products.

A mathematical model for allocation of products in the new warehouse was also formulated, considering the distance traveled in the warehouse during the picking activity and the different order shipping priorities.

### ***Keywords***

Logistics, Warehouse, Layout, Lean, Mathematical Model



# Índice

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>ACRÓNIMOS</b> .....	<b>XV</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....	2
1.2. OBJETIVOS .....	3
1.3. METODOLOGIA .....	3
1.4. CALENDARIZAÇÃO .....	5
1.5. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO .....	6
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>7</b>
2.1. LOGÍSTICA .....	7
2.2. GESTÃO DO ARMAZÉM .....	10
2.2.1. <i>Layout de Armazém</i> .....	11
2.2.1.1. <i>Fluxo de Armazenamento</i> .....	15
2.2.1.2. <i>Tipos de layout</i> .....	18
2.2.1.3. <i>Métodos de otimização do layout</i> .....	18
2.2.2. <i>Operações de Armazenamento</i> .....	23
2.2.2.1. <i>Receção</i> .....	25
2.2.2.2. <i>Armazenamento</i> .....	25
2.2.2.3. <i>Picking</i> .....	26
2.2.2.4. <i>Expedição</i> .....	27
2.2.3. <i>Métodos de Armazenamento</i> .....	28
2.2.3.1. <i>Armazenamento aleatório</i> .....	28
2.2.3.2. <i>Armazenamento baseado na procura</i> .....	29
2.2.3.3. <i>Armazenamento por classes</i> .....	29
2.2.3.4. <i>Armazenamento com localização mais próxima</i> .....	30
2.2.3.5. <i>Armazenamento dedicado</i> .....	31
2.2.3.6. <i>Comparação dos vários tipos de armazenamento</i> .....	31
2.2.4. <i>Métodos de Picking</i> .....	34

2.2.4.1.	<i>Informação e boas práticas no picking</i> .....	35
2.2.5.	<i>Planeamento de Rotas</i> .....	37
2.3.	<b>GESTÃO DE STOCKS</b> .....	39
2.3.1.	<i>Localização de artigos em armazém</i> .....	39
2.3.2.	<i>Zona Dourada</i> .....	40
2.3.3.	<i>Análise ABC</i> .....	41
2.3.4.	<i>Cube per order index (COI)</i> .....	43
2.3.5.	<i>Codificação das localizações</i> .....	44
2.4.	<b>EQUIPAMENTO DE ARMAZÉM</b> .....	45
2.5.	<b>SISTEMAS DE INFORMAÇÃO NA LOGÍSTICA</b> .....	50
2.5.1.	<i>Enterprise Resource Planning (ERP)</i> .....	50
2.5.2.	<i>Warehouse Management System (WMS)</i> .....	52
2.6.	<b>KEY PERFORMANCE INDICATORS (KPI)</b> .....	54
2.7.	<b>METODOLOGIAS LEAN NA GESTÃO DE ARMAZÉM</b> .....	56
2.7.1.	<i>Metodologia 5S</i> .....	56
2.7.1.1.	<i>Separar (Seiri)</i> .....	57
2.7.1.2.	<i>Organizar (Seiton)</i> .....	58
2.7.1.3.	<i>Limpar (Seiso)</i> .....	59
2.7.1.4.	<i>Normalizar (Seiketsu)</i> .....	59
2.7.1.5.	<i>Disciplinar (Shitsuke)</i> .....	60
<b>3.</b>	<b>CASO DE ESTUDO</b> .....	<b>61</b>
3.1.	<b>APRESENTAÇÃO DA EMPRESA</b> .....	61
3.2.	<b>CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DE PROBLEMAS</b> .....	65
3.2.1.	<i>Análise de Problemas</i> .....	65
3.2.1.1.	<i>Caracterização do Processo de Picking</i> .....	68
3.2.2.	<i>Questões de Investigação</i> .....	71
3.2.3.	<i>Métodos utilizados</i> .....	72
3.2.3.1.	<i>Layout do novo armazém</i> .....	72
3.2.3.2.	<i>Layout do armazém antigo</i> .....	76
3.2.3.3.	<i>Classificação de artigos de armazém</i> .....	77
3.2.3.4.	<i>Registo de tempos de preparação de encomendas</i> .....	80
3.2.3.5.	<i>Identificação da localização dos produtos</i> .....	84
3.2.3.6.	<i>Organização dos artigos e inserção das localizações no sistema</i> .....	89
<b>4.</b>	<b>MODELAÇÃO MATEMÁTICA</b> .....	<b>93</b>
4.1.	<b>DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA E OBJETIVOS DO MODELO MATEMÁTICO</b> .....	93
4.2.	<b>FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO MODELO</b> .....	95
4.2.1.	<i>Pressupostos do Modelo</i> .....	95
4.2.2.	<i>Índices e Conjuntos</i> .....	96
4.2.3.	<i>Parâmetros</i> .....	98
4.2.4.	<i>Variáveis</i> .....	98
4.2.5.	<i>Formulação Matemática</i> .....	99

<b>5. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO.....</b>	<b>101</b>
5.1. CONCLUSÕES .....	101
5.1.1. <i>Respostas às questões de investigação</i> .....	102
5.2. PERSPETIVAS DE TRABALHO FUTURO.....	105
<b>REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS .....</b>	<b>107</b>



## Índice de Figuras

Figura 1 – Etapas da metodologia adotada.....	4
Figura 2 - Calendarização .....	5
Figura 3 – Trinómio das dimensões da logística [4] .....	8
Figura 4 – Elementos chave da logística [5] (Adaptado) .....	9
Figura 5 – Fluxo direcionado e fluxo quebrado [4].....	15
Figura 6 – Critério de popularidade [13].....	16
Figura 7 – Posicionamento das zonas de receção e expedição do armazém [14] .....	17
Figura 8 – Atividades de armazenamento [22] (Adaptado) .....	24
Figura 9 – Operações básicas de armazenamento .....	24
Figura 10 – Distribuição anual dos custos operacionais de um armazém [22] (Adaptado) .....	25
Figura 11 – Fluxograma da implementação do armazenamento aleatório [25] (Adaptado) .....	28
Figura 12 – Fluxograma da implementação do armazenamento baseado na procura [25] (Adaptado) .....	29
Figura 13 – Fluxograma da implementação do armazenamento por classes [25] (Adaptado).....	30
Figura 14 – Fluxograma da implementação do armazenamento com localização mais próxima [25] .....	30
Figura 15 – Fluxograma da implementação do armazenamento dedicado [25] (Adaptado).....	31
Figura 16 – Métodos de definição de rotas [31].....	37
Figura 17 – Métodos de localização de artigos [4] (Adaptado) .....	40
Figura 18 – Exemplo de uma curva ABC [36].....	42
Figura 19 – Formas de implementar o armazenamento por classes [24] .....	43
Figura 20 – Etiqueta de identificação do local de armazenamento [28] .....	45
Figura 21 – Sistemas de empilhamento em bloco ou paletes de armação [15].....	47
Figura 22 – Exemplos de <i>racks</i> de armazenamento [21] .....	48
Figura 23 – Exemplos de equipamentos de movimentação horizontal [40] [41] [42] .....	49
Figura 24 – Exemplo de equipamento de movimentação vertical (empilhador) [44].....	50
Figura 25 – Benefícios de um WMS [25] (Adaptado) .....	54
Figura 26 – Etapas da metodologia 5S.....	57
Figura 27 – Marcos históricos mais importantes da empresa Marsil .....	62
Figura 28 – Escritório da Marsil em Lisboa [54] .....	62
Figura 29 – Sede da Marsil na Maia [54].....	62
Figura 30 – Polo de produção da Marsil em Vila do Conde [55].....	63
Figura 31 – Locais de distribuição da Marsil [54] .....	63
Figura 32 – Organograma da Marsil .....	65

Figura 33 – Novo espaço de armazém .....	66
Figura 34 – Corredores do armazém de produto acabado .....	66
Figura 35 – Equipamentos de movimentação do armazém.....	67
Figura 36 – Exemplo de identificação existente de um cliente e de um artigo no armazém.....	68
Figura 37 – Zona de <i>picking</i> .....	69
Figura 38 – Etapas do processo de <i>picking</i> .....	70
Figura 39 – Planta do novo espaço de armazém .....	73
Figura 40 – <i>Layout</i> do novo armazém.....	74
Figura 41 – Esquema representativo de um <i>rack</i> .....	74
Figura 42 – <i>Racks</i> no novo armazém .....	75
Figura 43 – Chapas aplicadas nos apoios dos <i>racks</i> .....	75
Figura 44 – <i>Layout</i> do armazém de produto acabado.....	76
Figura 45 – Curva ABC de clientes.....	79
Figura 46 – Gráfico com as percentagens do tempo gasto em cada etapa do <i>picking</i> .....	83
Figura 47 – Código para a localização de artigos.....	84
Figura 48 – Identificação do nível do <i>rack</i> onde se situa o artigo.....	85
Figura 49 – Esquema representativo das localizações do armazém de cima .....	85
Figura 50 – Esquema representativo das localizações do armazém de baixo .....	86
Figura 51 – Esquema para a localização de artigos nos armários .....	87
Figura 52 – Esquema para a localização de artigos nas estantes.....	87
Figura 53 – Códigos para a identificação das localizações nos <i>racks</i> .....	88
Figura 54 – Placas de identificação das localizações nos armazéns.....	88
Figura 55 – Sistema de gestão PHC .....	91
Figura 56 – Áreas disponíveis para alocação de produtos .....	96
Figura 57 – Aglomeração diversas áreas em <i>clusters</i> .....	97
Figura 58 – Par ordenado de área e produto onde a alocação é possível .....	97

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Principais problemas no desenho de um <i>layout</i> [10].....	13
Tabela 2 – Comparação dos vários tipos de armazenamento [26] (Adaptado).....	32
Tabela 3 – Tipos de armazenamento [27] (Adaptado).....	33
Tabela 4 – Descrição dos diferentes métodos de rotas de <i>picking</i> [31].....	38
Tabela 5 – Vantagens e desvantagens de um sistema ERP [3] .....	51
Tabela 6 – Vantagens e desvantagens de um WMS [3] .....	53
Tabela 7 – Análise de fatores da armazenamento [50] .....	55
Tabela 8 – Análise ABC de clientes.....	78
Tabela 9 – Resultados da análise ABC de clientes .....	78
Tabela 10 – Análise ABC para os artigos de um cliente.....	79
Tabela 11 – Dados recolhidos na cronometragem do <i>picking</i> .....	81
Tabela 12 – Resultados obtidos após o cálculo da eficiência do <i>picking</i> .....	82
Tabela 13 – Localização dos artigos no armazém 1.....	90



## *Acrónimos*

PSL – *Planeamento Sistemático do Layout*

SHA – *Systematic Handling Analysis*

FIFO – *First-In, First-Out*

LIFO – *Last-In, Last-Out*

BFIFO – *Batch First-In, First-Out*

WMS – *Warehouse Management System*

COI – *Cube Per Order Index*

KPI – *Key Performance Indicator*

CAD – *Computer Aided Design*

PME – *Pequena/Média Empresa*

ERP – *Enterprise Resource Planning*



# 1. INTRODUÇÃO

Esta dissertação desenvolveu-se no ano letivo 2018/2019 no âmbito da Unidade Curricular de Tese/Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, no Ramo de Sistemas e Planeamento Industrial do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Foi realizado um trabalho de investigação em ambiente empresarial real numa indústria de artes gráficas. Esta indústria tem como principal função a impressão de papéis e outros suportes de impressão, de peso e texturas diferentes.

Este trabalho teve como base um projeto existente, cujo objetivo foi a reorganização do sistema logístico da empresa. O foco principal deste trabalho é a organização dos espaços de armazém de produto acabado.

Este capítulo faz um breve resumo dos objetivos traçados para o projeto apresentado e dos resultados esperados com a implementação de melhorias baseadas na filosofia *Lean*<sup>1</sup>, no *layout* do armazém de produto acabado, na Análise ABC e na codificação das localizações dos produtos.

---

<sup>1</sup> Filosofia de gestão, que tem como base a criação de valor através da sistemática eliminação do desperdício.

## 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O aumento crescente da competitividade entre as organizações leva ao aumento da necessidade de análise e estudo de atividades e operações logísticas. Este facto tem motivado cada vez mais as empresas a adotarem comportamentos e técnicas de melhoria, com a finalidade de responder a novos desafios e necessidades dos seus clientes. A identificação de limitações que provocam perdas e desperdício na cadeia de valor são fatores preponderantes para a utilização de ferramentas de melhoria de processos na área da gestão.

Existem um conjunto alargado de ferramentas e de metodologias, entre as quais a filosofia *Lean*, que auxiliam na identificação e eliminação de perdas geradas no processo, na identificação dos pontos fracos alvos da mudança e que contribuem para o incremento da produtividade, melhoria da qualidade, redução de custos e aumento da motivação dos colaboradores.

O cliente atual é cada vez mais ponderado, informado e exigente em relação aos prazos de entrega, o que leva a que as organizações se tornem mais flexíveis e rigorosas na gestão dos seus recursos, evitando assim os desperdícios existentes e favorecendo o cumprimento dos objetivos e prazos impostos pelo consumidor. Para que isto seja possível, deve existir uma elevada troca de informações dentro das organizações levando a uma logística interna eficiente e uma adaptação contínua aos mercados.

A logística apresenta como principais operações o transporte, a gestão de *stocks* e a armazenagem. Estas atividades têm sido fundamentais no ramo industrial e económico ao longo dos anos, contudo, estas atividades têm sido reconhecidas como funções fulcrais no funcionamento e desenvolvimento de uma indústria apenas nos últimos anos. Entre as várias atividades referidas, o armazenamento é a que implica maiores custos para uma organização. Esta tem como principal objetivo a alocação eficiente dos artigos no armazém, com a finalidade de minimizar os custos do espaço de armazenagem e a sua manutenção, garantindo ainda a continuidade da qualidade dos artigos.

A indústria de artes gráficas é marcada por uma forte concorrência competitiva, tornando-se necessário implementar ações de melhoria. Este estudo surgiu da necessidade de melhorar a performance da empresa através do aumento da eficácia e eficiência do desempenho das operações em armazém, aumentando assim, a satisfação dos clientes e a qualidade do serviço prestado.

## 1.2. OBJETIVOS

Este estudo tem como principal objetivo a reorganização do espaço de armazém de produto acabado e a organização de um novo armazém. Para atingir este objetivo é necessário adquirir *racks*<sup>2</sup>, renomear filas, criar uma nomenclatura para a catalogação e localização de artigos e inserir os dados da localização dos diversos artigos no sistema.

Na reorganização do espaço do armazém já existente, houve a necessidade de avaliar problemas e ineficiências no espaço de armazém da empresa e identificar oportunidades de melhoria no espaço em estudo. Contribuindo desta forma, para o sucesso da empresa a partir do envolvimento da organização na aprovação das propostas sugeridas e no sucesso da sua implementação.

## 1.3. METODOLOGIA

Com a finalidade de atingir os objetivos propostos, a elaboração deste projeto seguiu uma metodologia dividida em várias etapas.

Numa fase inicial, foi realizada uma revisão bibliográfica para um enquadramento teórico do trabalho a realizar e, simultaneamente, a integração na empresa e perceção dos métodos de trabalho.

Na segunda fase, fez-se o estudo do dimensionamento e organização do *layout* para o novo espaço de armazém e analisou-se o trabalho do operador de *picking*<sup>3</sup> e o espaço do armazém de produto acabado já existente. Identificaram-se ainda situações que necessitavam de soluções e melhorias.

Numa terceira fase, foram planeadas e implementadas melhorias no armazém de produto acabado já existente inicialmente e foi também, em paralelo, criado e organizado o novo

---

<sup>2</sup> Estrutura metálica de elevada resistência utilizada para o armazenamento de materiais.

<sup>3</sup> Operação de armazenamento referente à recolha dos produtos no armazém para serem reunidos por encomendas e enviados aos clientes.

armazém. Nesta fase, realizou-se uma análise quantitativa baseada na metodologia da análise ABC para a alocação dos artigos de produto acabado, criou-se o *layout* do novo espaço de armazém e foi adotado um sistema para a localização dos artigos.

Na quarta fase foi elaborado um modelo matemático, cuja implementação teve como objetivo determinar a alocação de produtos no novo armazém da empresa.

Na fase final, foram avaliados os resultados obtidos e efetuou-se uma comparação do impacto das melhorias implementadas com vista à percepção do benefício introduzido na empresa. Foram também apontadas algumas perspetivas de melhorias futuras.

A Figura 1 representa a metodologia adotada:



Figura 1 – Etapas da metodologia adotada

## 1.4. CALENDARIZAÇÃO

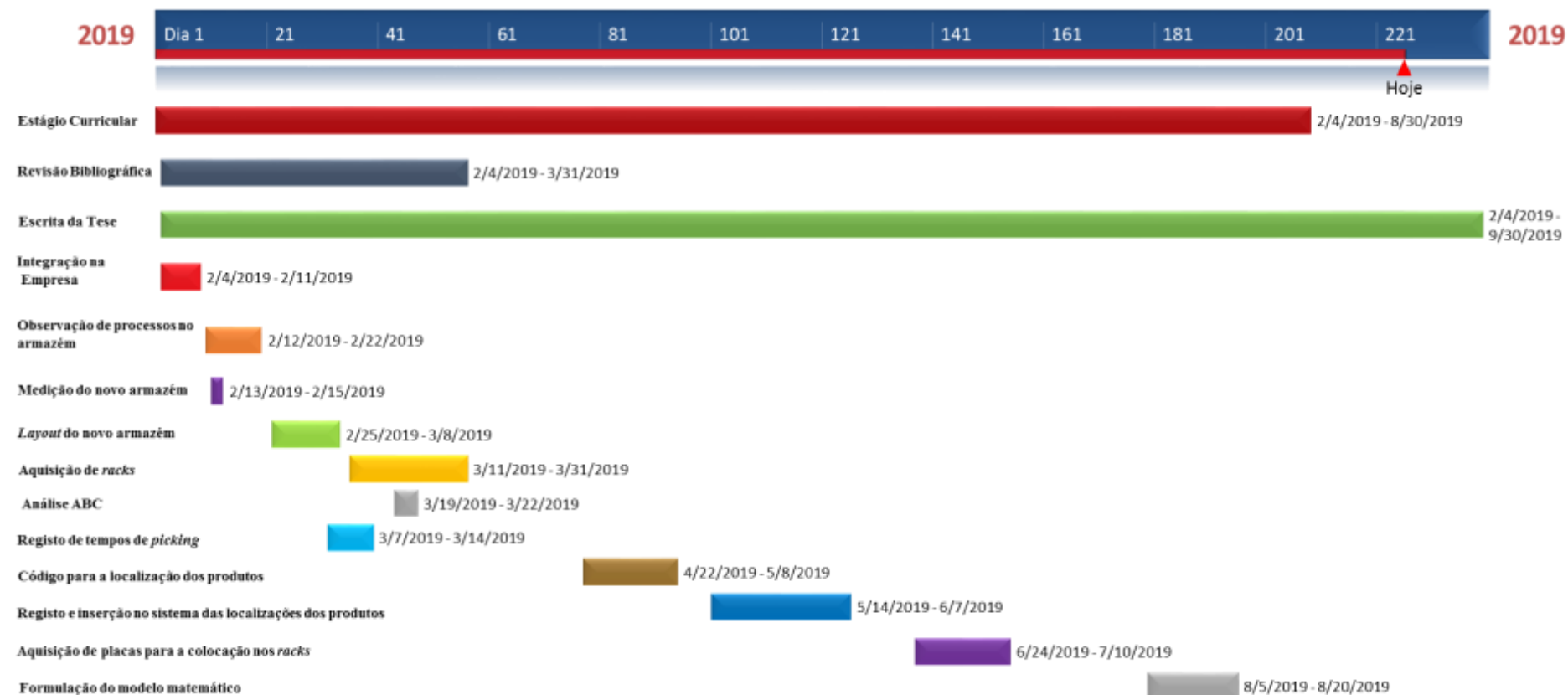


Figura 2 - Calendarização

## **1.5. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO**

O relatório apresentado é composto por cinco capítulos, organizados de acordo com o seu conteúdo.

No primeiro capítulo é realizada uma contextualização do estudo e são apresentados os objetivos delineados, assim como a metodologia adotada e a calendarização das várias etapas do projeto.

O segundo capítulo é destinado à revisão bibliográfica, para um enquadramento teórico da temática envolvente deste estudo, onde são apresentados métodos e ferramentas que auxiliaram o seu desenvolvimento.

No terceiro capítulo é realizada a apresentação da empresa onde ocorreu o desenvolvimento deste projeto. São ainda apresentadas as questões de investigação relevantes para este trabalho e os métodos e soluções implementadas.

No quarto capítulo é apresentado um modelo matemático que permite a otimização da alocação dos artigos nas áreas do novo armazém.

No quinto, e último capítulo, são apresentados os resultados e as conclusões, assim como, algumas perspetivas de melhorias futuras.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. LOGÍSTICA

A logística é a componente da cadeia de abastecimento que tem como funções planejar, implementar e controlar o fluxo e o armazenamento de bens e serviços, com a finalidade de atender às necessidades dos clientes. Está relacionada com os três níveis de planejamento (estratégico, tático e operacional). As principais funções diretas da logística são o transporte e o armazenamento, enquanto que, as indiretas se referem aos produtos, embalagens e seleção de fornecedores [1].

O sistema logístico engloba o fluxo total de materiais, desde a aquisição de matéria prima até à entrega do produto acabado ao cliente, sendo também responsável pela gestão de fluxos de informação ao longo de toda a cadeia de abastecimento. Trata-se então do elo de ligação entre o mercado e as diversas funções empresariais [2].

A logística incluem três fluxos imprescindíveis: fluxo informacional (transmissão e localização de encomendas e coordenação do fluxo físico), fluxo físico (distribuição física dos bens, desde os fornecedores até aos clientes, assim como o fluxo inverso para o retorno dos bens) e fluxo financeiro (termos de crédito, prazos e condições de pagamento, direitos de propriedade, etc.).

A gestão destes três fluxos deve ter em consideração o trinómio das dimensões da logística, que se desenvolve a partir dos fatores: tempo, qualidade e custo. Estes aspetos contribuem para a criação de valor para o cliente, dado que os mesmos valorizam o facto de um produto se encontrar no local em que é necessário, sendo imprescindível a existência de um serviço logístico [3].

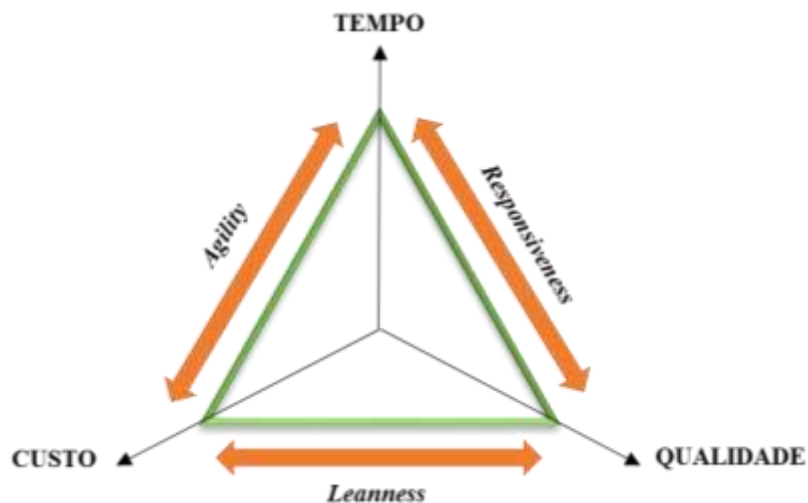


Figura 3 – Trinómio das dimensões da logística [4]

Analisando os fatores do trinómio da logística, pode entender-se que [4]:

- **Tempo** – relaciona-se diretamente com os clientes, tendo como principal objetivo a disponibilização do produto/serviço no menor tempo possível.
- **Qualidade** – relaciona-se com a organização, onde há a necessidade de controlar os recursos e as suas capacidades de alcançar vantagens competitivas, de modo a atingir a diferenciação do mercado.
- **Custo** – evidencia-se na componente financeira da empresa, equilibrando a sua estrutura de capitais, com a finalidade de minimizar os custos para a organização.

No trinómio da logística, uma boa ligação entre o tempo e o custo desenvolve o argumento ou a variável agilidade (*agility*), que pode ser definida como a capacidade do sistema responder com velocidade, coordenação e equilíbrio a um estímulo externo. Uma boa conjugação entre o custo e a qualidade do serviço desenvolve a variável leveza (*leanness*). Esta variável retrata a capacidade de gerir o sistema logístico sem excedentes, tornando o sistema mais eficiente. A variável capacidade de resposta (*responsiveness*) resulta de uma

boa conjugação entre o tempo e a qualidade do serviço e define-se como a capacidade de resposta rápida do sistema logístico sem comprometer a qualidade do serviço ao cliente [4].

Resumindo, a logística é encarregada de levar até ao cliente o produto que satisfaça as suas necessidades, no tempo e local certos e na quantidade adequada, sem prejudicar a sua qualidade.

Existem cinco elementos chave na logística: transportes, armazenamento, gestão de *stocks*, embalagem e processamento de informação. Para uma maior eficácia e eficiência do sistema logístico é necessário considerar todos os elementos [5].



Figura 4 – Elementos chave da logística [5] (Adaptado)

## 2.2. GESTÃO DO ARMAZÉM

Um sistema logístico tem como objetivo a criação de valor para o cliente. Para tal são desenvolvidas diversas atividades, que visam possibilitar ao cliente o produto certo, no local e tempo certos, ao menor custo possível. Uma dessas atividades é o armazenamento, que combina o manuseamento de materiais com o controlo e gestão de *stocks*. Atualmente, o armazém é visto como uma parte integrante e fundamental da logística.

A necessidade de constituição de *stocks* leva a uma necessidade de infraestruturas de armazenamento. A existência de *stocks* permite a independência entre o processo de abastecimento, combater as variações da procura, atenuar o efeito das variações do lado da oferta, obter descontos de quantidade e efetuar uma compra económica.

Para que seja possível cumprir com a proposta de valor que anunciam ao cliente, as empresas devem possuir um processo eficiente de disponibilização do produto ao cliente, assentando num conjunto de atividades de armazenamento e de transporte eficientes, de forma a garantir o nível de serviço pretendido [4].

O conceito de armazém refere-se a todo o espaço, cuja função se baseia na espera de materiais até à sua utilização, ou seja, no armazenamento de produtos desde a sua entrada até à sua utilização, quer no processo de fabrico quer na expedição.

A gestão do armazém permite minimizar os custos inerentes a esta atividade para um determinado nível de serviço ao cliente. Trata-se da administração do espaço necessário em volume para se manter com integridade o inventário. O planeamento de armazéns envolve a localização, dimensionamento da área, definição do arranjo físico, escolha de equipamentos para movimentação dos tipos de sistema de armazenamento e dos sistemas de informatização para a localização de *stocks* e ainda, a definição da quantidade de mão de obra necessária [6].

### 2.2.1. LAYOUT DE ARMAZÉM

O *layout* é uma das decisões mais importantes num armazém. Engloba tudo o que existe num armazém, desde estantes, áreas de carga e descarga, equipamentos, escritórios, entre outros. Tem um enorme efeito na eficiência, uma vez que a organização do espaço influencia todas as operações no armazém. Um *layout* organizado pode facilitar a movimentação de materiais tornando as operações mais eficientes e reduzindo os custos, pois permite diminuir perdas de tempo e desperdícios [7].

Um armazém é constituído por diversas áreas, onde são realizadas determinadas tarefas que podem ou não estar interligadas. Quando se pretende desenhar o *layout* de um armazém é importante determinar as possíveis interações entre estas tarefas de forma a aproximar as que se relacionam. De acordo com as atividades a desenvolver é importante calcular a área necessária, que irá depender da variedade de produtos, políticas de inventário, métodos de armazenamento, entre outros fatores. É necessário ainda ter em conta as condições de armazenamento dos produtos e as limitações físicas do espaço [8].

O desenho de um armazém é uma das decisões mais importantes e complexas de uma organização, pois provoca um elevado impacto a nível estratégico e a nível de custos logísticos. Embora seja uma área referente à logística, é também influenciada pelo marketing, objetivos da empresa, pelo seu plano de negócios e pelo nível de serviço do cliente [5].

Uma estrutura base do desenho de *layouts* pode ser representada nas seguintes etapas [9]:

1. Descrever as condições do sistema;
2. Definir e obter informação;
3. Analisar a informação;
4. Selecionar as unidades de armazenamento;
5. Determinar os processos e métodos de funcionamento;
6. Estimar os tipos de equipamentos e características;
7. Calcular a capacidade do equipamento e quantidades;
8. Definir serviços e operações auxiliares;
9. Preparar *layouts* possíveis;
10. Avaliar e verificar as alternativas;

11. Selecionar o *layout* a usar.

O desenho do armazém pode ser também baseado em cinco grupos de decisões [10]:

1. Desenho conceptual do armazém (*Overall Structure*) - Abrange a escolha do número de departamentos funcionais necessários ao armazém. É necessário definir quantos departamentos deve ter o armazém, quais as tecnologias que devem ser utilizadas e o modo de efetuação das ordens de *picking*. Nesta decisão é preciso ter em conta as condições de armazenamento, rendimento e minimização de custos. Recorre-se a estimativas, métodos qualitativos e quantitativos.
2. Dimensionar o armazém e os seus departamentos (*Sizing and Dimensioning*) – Nesta área as decisões têm impacto a nível dos custos de construção, inventário, reabastecimento e manuseamento de materiais.
3. Dimensionar o *layout* detalhado de cada departamento (*Department Layout*) – Engloba a decisão do *layout* a aplicar em cada departamento do armazém.
4. Selecionar o equipamento a instalar no sistema (*Equipment Selection*) - É decidido o nível de automação do armazém, o tipo de armazenamento e o tipo de sistema de manuseamento de materiais a ser utilizado. Estas decisões afetam quase todas as outras, tal como o investimento necessário.
5. Escolher as estratégias operacionais (*Operation Strategy*) –Têm efeitos na maioria do sistema e normalmente não são alteradas. Estas decisões incluem a estratégia de armazenamento e a estratégia de *order-picking*.

Durante o processo de desenho de um armazém logístico podem surgir dificuldades. Na Tabela 1 encontram-se alguns desses problemas e as decisões necessárias para a sua resolução.

Tabela 1 – Principais problemas no desenho de um *layout* [10]

Problemas de desenho de um armazém	Decisões
<b>Estrutura Global</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fluxo de materiais;</li> <li>- Identificação de secções;</li> <li>- Localização das secções.</li> </ul>
<b>Dimensionamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dimensões do armazém;</li> <li>- Dimensões das secções.</li> </ul>
<b><i>Layout</i> da secção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Padrão dos blocos de empilhamento de paletes;</li> <li>- Orientação dos corredores;</li> <li>- Quantidade e dimensão dos corredores;</li> <li>- Localização das entradas e saídas.</li> </ul>
<b>Seleção de equipamentos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nível de automação;</li> <li>- Seleção do equipamento de armazenamento;</li> <li>- Seleção do equipamento de manuseamento dos materiais.</li> </ul>
<b>Estratégia operacional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleção da estratégia de manuseamento;</li> <li>- Seleção dos métodos de <i>order-picking</i>.</li> </ul>

É possível definir o *layout* como uma junção de vários aspetos intrínsecos a uma indústria que permitem atingir o máximo de produtos manufaturados e serviços prestados. Estes produtos e serviços devem possuir a máxima qualidade possível, usando o menor número de recursos. O *layout* deve conseguir conciliar os espaços ocupados e a diminuição da deslocação existente nesse mesmo espaço com o aproveitamento total da área desocupada, tendo sempre em consideração o cumprimento da legislação, conforto, higiene e segurança de todos os colaboradores [10].

O *layout* deve procurar minimizar a distância percorrida durante a movimentação de matérias, com a maior flexibilidade possível e os custos de armazenamento reduzidos. Deve ainda ter em conta três ideias principais: o critério do projeto, o plano do armazém e a tecnologia de operação. O critério do projeto refere-se às características da instalação física do armazém e ao fluxo dos produtos. O plano do armazém tem em consideração o volume,

o peso e o acondicionamento dos produtos. A tecnologia de operação relaciona-se com a eficiência e a eficácia das operações no armazém.

Existem princípios fundamentais que integram a filosofia geral do planeamento do *layout* e das operações de um sistema de armazenamento.

A unidade de carga mais apropriada para o tipo de tarefas a serem desempenhadas é um destes princípios. Este conceito define-se por um conjunto de peças individuais ou embalagens, geralmente do mesmo tipo de produto, que permitem movimentar a mercadoria da melhor forma possível, seja esse movimento manual ou mecanizado. Normalmente, estas unidades de carga são paletes, caixas de diversas dimensões, bidões e contentores. A utilização de uma unidade de carga adequada apresenta como vantagens a possibilidade de mover uma elevada quantidade de mercadoria por percurso (reduzindo assim o número de percursos), permite o uso eficiente do espaço de armazenamento e o uso estandardizado de equipamento de manuseamento e armazenamento, atribuem uma celeridade adicional aos processos de carregamento e descarregamento e ainda, minimizam o risco de dano e roubo [11].

O custo de manutenção de um armazém em termos absolutos é diretamente proporcional ao seu espaço de armazenamento. A boa utilização do espaço de armazém está relacionada com diferentes variáveis, tais como:

- Não armazenar *stock* totalmente obsoleto;
- Minimizar o total do *stock*, tendo em conta as necessidades dos clientes;
- Utilizar o volume total do edifício;
- Minimizar a quantidade de corredores sem alterar os fluxos de armazenamento;
- Considerar os vários tipos de obstáculos presentes no edifício e prevenir que estes utilizem mais espaço do que o necessário (colunas, tubos, extintores, etc.).

O planeamento dos sistemas e operações devem ter como objetivo a minimização de movimentos e dos custos associados. Para a concretização deste objetivo é necessário localizar as partes do sistema que contenham uma elevada quantidade de movimentos entre si, efetuar a separação do *stock* parado e de reserva do *stock* utilizado diariamente nas

operações de *picking*, usar unidades de carga apropriadas e aplicar heurísticas e algoritmos para determinar a otimização sequencialmente das operações de *picking*.

Num armazém é muito importante a realização de controlo. Este relaciona-se com os movimentos, a localização de cada mercadoria e a sua quantidade. É adequado para obter fluxos, performances e possibilita a identificação de possíveis áreas de melhoria.

Em suma, o *layout* de um armazém depende da tipologia do edifício em questão, do tipo de operações a que o armazém está associado e ao tipo de mercadorias que lá serão armazenadas.

### 2.2.1.1. FLUXO DE ARMAZENAMENTO

Um *layout* pode ser de dois tipos distintos: fluxo direcionado ou fluxo quebrado. O fluxo direcionado tem a vantagem de diminuir o tempo dentro e fora do armazém, nomeadamente nas tarefas de receção e expedição, diminuindo os congestionamentos interno e externo. Este tipo de fluxo adequa-se mais às unidades fabris. No fluxo quebrado, a vantagem principal é a redução das distâncias percorridas pelos operadores no armazém durante as atividades de arrumação e *picking* [4].



Figura 5 – Fluxo direcionado e fluxo quebrado [4]

A escolha do fluxo ideal para um armazém deve ter em conta quatro critérios principais [12]:

- **Complementaridade** - os produtos de cada fornecedor/cliente devem ser mantidos juntos;
- **Popularidade** - o custo de manuseamento pode ser diminuído se os produtos com uma taxa de rotação mais elevada forem mantidos perto do local de consumo;
- **Tamanho** - os produtos podem ser organizados tendo em conta o seu volume;
- **Compatibilidade** - os produtos que não são compatíveis não devem permanecer próximos.

O *layout* por popularidade é bastante usado e é especialmente útil para as empresas em que os artigos têm volume semelhante e não existem restrições ao nível da compatibilidade.

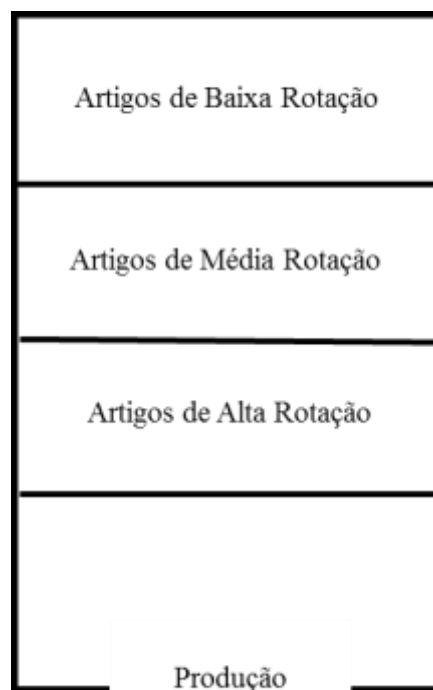


Figura 6 – Critério de popularidade [13]

A localização das zonas de receção e expedição tem influência na conveniência das localizações. Se estiverem em faces opostas do edifício, existe um conjunto de localizações com igual conveniência. Quando se encontram na mesma face existe um menor número de localizações convenientes [14].

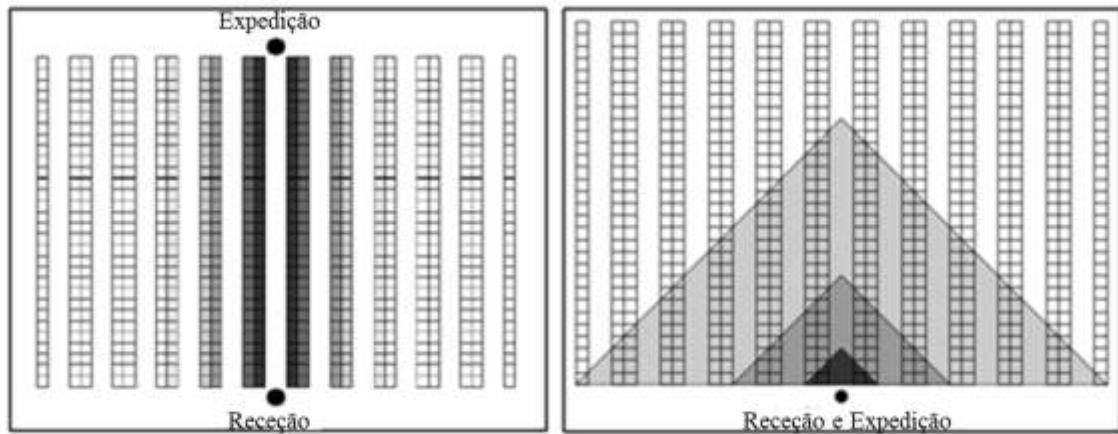


Figura 7 – Posicionamento das zonas de recepção e expedição do armazém [14]

A recepção e expedição na mesma zona do edifício [14]:

- Fluxo quebrado de componentes;
- Adequado quando a deslocação dos componentes é facilmente caracterizada com uma análise ABC;
- Permite flexibilizar a ocupação das zonas de recepção e expedição, caso uma delas se encontre sobrelotada;
- Permite expandir as outras áreas segundo três lados do edifício.

A recepção e expedição em zonas opostas:

- Fluxo unidirecional de componentes, evitando interferências;
- Maior número de localizações com a mesma conveniência;
- Redução das distâncias percorridas;
- Adequado para volumes grandes e edifícios longos.

### 2.2.1.2. TIPOS DE LAYOUT

Existem vários tipos de *layout* dependendo do fluxo dos materiais. Normalmente, os armazéns aplicam combinações dos tipos de *layouts* mais clássicos [15]:

- **Características do produto** – Os produtos com características similares são unidos para serem armazenados no mesmo local, sendo que cada local pode apresentar diferentes métodos de armazenamento. Este tipo não se deve aplicar a armazéns onde os produtos são muito idênticos.
- **Características de encomenda** – Juntar os produtos por rota ou sequência de processos e armazená-los em áreas específicas, por exemplo, áreas para a mercadoria devolvida pelos clientes ou produtos que são enviados diretamente para os clientes.
- **Cliente** – Quando a empresa fornece produtos únicos a clientes importantes. Os produtos são agregados e armazenados em determinadas zonas no armazém, separados por cliente.
- **Nível de atividade** – Separação dos produtos tendo em conta a rotação que possuem dentro do armazém, separando assim, aqueles que são de reserva daqueles destinados ao *picking*.
- **Método de armazenamento e manuseamento** – Junta os produtos que são manuseados ou armazenados da mesma forma. Os produtos são armazenados aleatoriamente, sem se distinguir o tipo de produto, ordem, clientes ou popularidade.

### 2.2.1.3. MÉTODOS DE OTIMIZAÇÃO DO LAYOUT

Os métodos utilizados para a criação de *layouts* classificam-se de acordo com o seu ponto de partida, ou seja, se é uma construção ou uma melhoria. Entende-se como construção o desenvolvimento de um *layout* novo, enquanto que a melhoria se trata apenas de otimizar um *layout* já existente, modificando a disposição dos equipamentos e do fluxo de produtos. Existem dois tipos de métodos para a resolução de problemas de otimização de *layouts*, sendo eles os métodos exatos e os métodos heurísticos [16].

Os métodos exatos tentam alcançar a solução ótima através de modelos matemáticos de otimização e da implementação de algoritmos específicos. Contudo, estes métodos exigem um tempo computacional muito elevado.

Os métodos heurísticos conseguem encontrar soluções possíveis num menor intervalo de tempo, mas não asseguram a qualidade da solução. É implementada uma estratégia que equilibre a qualidade da solução obtida com o tempo total de processamento. Deste modo, em cada iteração, o algoritmo vai-se aproximando da solução ótima, sendo que a qualidade da solução está diretamente relacionada com o tempo de processamento.

Os métodos exatos devem ser usados em casos em que os factos considerados para um problema característico são relativamente pequenos ou o tempo de execução disponível é adequado. Na prática, para a resolução de problemas, os métodos heurísticos têm-se evidenciado como mais eficazes, dado que proporcionam a obtenção de soluções não ótimas, mas com uma maior rapidez do que os métodos exatos [17].

Como exemplo de um método exato, apresenta-se o método do *branch and bound* que pode ser aplicado para o problema da otimização do *layout*. Este método permite restringir áreas, custos de fluxos e distâncias entre setores. O *branch and bound* é aplicado muitas vezes e com bastante sucesso, numa grande diversidade de problemas de programação inteira. Esta técnica baseia-se na ideia de “dividir e conquistar”. O problema inicial divide-se em vários subproblemas, de modo a se torna possível executar a sua resolução. Quando o problema inicial se divide ocorre a ação de *branch*, ou seja, ocorre a ramificação. Posteriormente é feita a análise de cada ramo com o objetivo de encontrar a solução ótima dentro desse ramo, usando-se essa informação para a atividade de *bound*, ou seja, “construir o limite”. Esta fase realiza-se à medida que se descobre uma solução melhor do que a anterior. Se este método for aplicado a todo o problema, garante-se que a solução obtida é a solução ótima [17].

Em locais de maiores dimensões os métodos exatos não são os mais adequados, devido ao tempo computacional que necessitam até ser encontrada a melhor solução. Nestes casos, os métodos mais adequados são os métodos heurísticos. Estes dividem-se em quatro grupos: heurísticas construtivas, heurísticas de melhoramento, meta-heurísticas e meta-heurísticas híbridas.

As heurísticas construtivas são responsáveis por construir uma solução viável através de etapas. Ou seja, as instalações são colocadas uma de cada vez, de acordo com o nível de importância, até todas serem alocadas, ficando o *layout* completo.

As heurísticas de melhoramento são utilizadas para aperfeiçoar uma certa solução, sendo aplicados movimentos nos elementos da solução. É aplicado um procedimento iterativo a uma solução inicialmente alcançada. Normalmente, ocorrem trocas de posições das tarefas na sequência do processamento das máquinas, buscando encontrar um melhor esboço de tarefas do que o encontrado atualmente. A nova solução é denominada de solução vizinha e as soluções que surgem após os movimentos formam a vizinhança da solução.

Os métodos meta-heurísticos tornam possível encontrar soluções de elevada qualidade em pouco tempo, até mesmo nos problemas de grande dimensão.

Alguns dos métodos meta-heurísticos existentes são a *Simulated Annealing*, *Tabu Search*, *Genetic Algorithm*, *Ant Colony* e *Particle Swarm Optimization* [18]:

- ***Simulated Annealing*** – Baseia-se na procura aleatória da vizinhança, inspirando-se no comportamento termodinâmico da matéria.
- ***Tabu Search*** – Utiliza uma lista de movimentos não permitidos, aceitando um sujeito da vizinhança mesmo que prejudique o valor da função objetivo.
- ***Genetic Algorithm*** – Inspirado no conceito de classe evolutiva, privilegiando os sujeitos mais adaptados, onde o procedimento de procura é baseado nos operadores de combinação e modificação.
- ***Ant Colony*** – Motivado pelo comportamento de orientação das formigas para encontrar o melhor caminho, onde os indivíduos partilham a informação entre si acerca do caminho experimentado aleatoriamente. Na programação do *layout*, cada equipamento é alocado em cada secção de acordo com a proximidade e relação com os outros. Esta ligação entre equipamentos leva à interligação de vários caminhos, sendo criadas diversas rotas que os materiais têm que percorrer.
- ***Particle Swarm*** - Parecido com o método *Ant Colony*, dispendo dos modelos sociocognitivos aplicados à aprendizagem, como por exemplo, a imitação. O algoritmo considera a melhor posição encontrada pela população. Cada elemento é

tratado como um ponto dentro do espaço de busca, ajustando a pesquisa tendo em conta a própria experiência, assim como a experiência de pesquisa de outras partículas.

O Planejamento Sistemático do *Layout* (PSL) trata-se de um processo por etapas que permite identificar as alternativas para o *design* do *layout*. O processo pode ser descrito por dez etapas [18]:

1. **Identificação do fluxo de material** – Os fluxos de material são agregados num gráfico, onde se observa a densidade de fluxo nas várias áreas do armazém.
2. **Diagrama de relacionamento de atividades** – Análise qualitativa que indica a proximidade do relacionamento entre atividades e recursos. Os resultados dessa análise são exibidos num gráfico de relacionamento de atividades, que mostra quais as entidades que estão relacionadas com outras e avalia também a importância dessa proximidade. Nesse diagrama são usados os símbolos: A (Absolutamente necessário); E (Especialmente necessário); I (Importante estar perto); O (Proximidade ordinária é necessária); U (Não tem importância estar perto); X (Não devem estar perto um do outro).
3. **Diagrama de relacionamento** – Refere-se ao resultado obtido através da matriz de relacionamento de atividades. Os departamentos que devem estar próximos são colocados nas proximidades.
4. **Requisitos do espaço** – Análise do espaço necessário para cada atividade. Devem ser identificadas as quantidades de espaço necessário total, de espaço requerido pelo equipamento, de espaço de área de armazenamento e os requisitos de espaço operacional.
5. **Espaço disponível** – Verificação da disponibilidade total de espaço. Ocorre a atribuição de espaço a cada atividade com base no requisito de espaço.
6. **Diagrama de relacionamento espacial** - O resultado obtido da integração do espaço disponível e requisitos de espaço são colocados no diagrama de relação de atividade, indicando o espaço alocado para cada atividade.
7. **Modificação das considerações** – Identificação e modificação das restrições. As restrições são obtidas a partir da etapa anterior.

8. **Limitações** – As limitações em termos de orçamento, disponibilidade de espaço e infraestrutura precisam ser identificadas antes de passar à próxima fase.

9. **Desenvolver layouts alternativos** – Realização de *layouts* a partir de informações de disponibilidade de espaço e outros gráficos de relacionamento que foram obtidos nas etapas anteriores.

10. **Avaliação** – Realização de uma comparação dos *layouts* com base nos seus prós e contras. Um *layout* final é selecionado.

A Análise de Manipulação Sistemática (*Systematic Handling Analysis - SHA*) é semelhante ao PSL, porém este método apresenta apenas quatro fases:

1. **Integração Externa** – Estudo do movimento de entrada e saída de mercadorias. Relaciona-se com a logística de entrada e saída.

2. **Plano geral de manipulação** – Engloba a distância de transporte do material utilizado de um local para o outro, bem como o equipamento usado para o transporte. As decisões devem ser tomadas de acordo com as com as necessidades básicas de manuseamento de materiais.

3. **Plano de manuseamento detalhado** – Análise do manuseamento de materiais e as distâncias de transporte dentro de uma área específica.

4. **Instalações** – Não é implementado nenhum plano até que este esteja concluído. Quando estiver concluído são considerados os passos necessários, como a implementação de instalações de manuseamento físico e a aquisição de equipamentos.

Na SHA existem cinco elementos principais que influenciam a análise do manuseamento de materiais. Estes fatores são: Produto, Quantidade, Rota, Serviços de Suporte e Tempo.

O Produto (P) refere-se ao tipo de produto que é transportado e os seus requisitos. A Quantidade (Q) relaciona-se com o volume ou número de mercadorias que são movimentadas de um local para o outro. Quanto maior o volume, menor será o custo por unidade de carga. A Rota (R) é o caminho no qual as mercadorias fluem. Existe um custo inicial de movimentação e vários custos para diferentes rotas de transporte de mercadorias. Os Serviços de Suporte (S) incluem aspetos como o pessoal, o equipamento e qualquer outro

suporte necessário para a movimentação de mercadorias. O Tempo (T) trata-se da duração do transporte e a frequência do movimento de mercadorias [19].

### 2.2.2. OPERAÇÕES DE ARMAZENAMENTO

Existem três tipos de armazém: o armazém de distribuição, o armazém de produção e o armazém contratado. Num armazém de distribuição, os produtos de vários fornecedores são recolhidos e armazenados para posteriormente serem entregues aos clientes. Num armazém de produção, ocorre o armazenamento de matérias primas, produtos semiacabados e produtos acabados para facilitar a produção. O armazém contratado trata-se de uma instituição que armazena produtos em nome de um ou mais clientes [20].

Relativamente à duração da atividade de armazenamento, esta pode ser classificada em permanente ou temporária. A atividade de armazenamento permanente implica que os produtos serão armazenados durante um período e tempo superior a um dia, havendo uma estrutura para armazenar os produtos. Na atividade de armazenamento temporária, ocorre a entrada e saída dos produtos no mesmo dia. Neste caso, não há necessidade de um sistema de armazenamento, uma vez que não existe acumulação de *stock*. Há transferência de produtos da zona de receção para a zona de expedição, com um tempo de permanência inferior a um dia [21].

O processo de armazenamento inclui diversas atividades, desde a entrada de produtos até à sua saída, nomeadamente: receção; arrumação ou *put-away*; armazenamento; abaixamento ou *replenishment*; *picking*; ordenação, acumulação e embalamento; expedição e *cross-docking* [22]. Na Figura 7 encontram-se esquematizadas as várias atividades de *picking*.

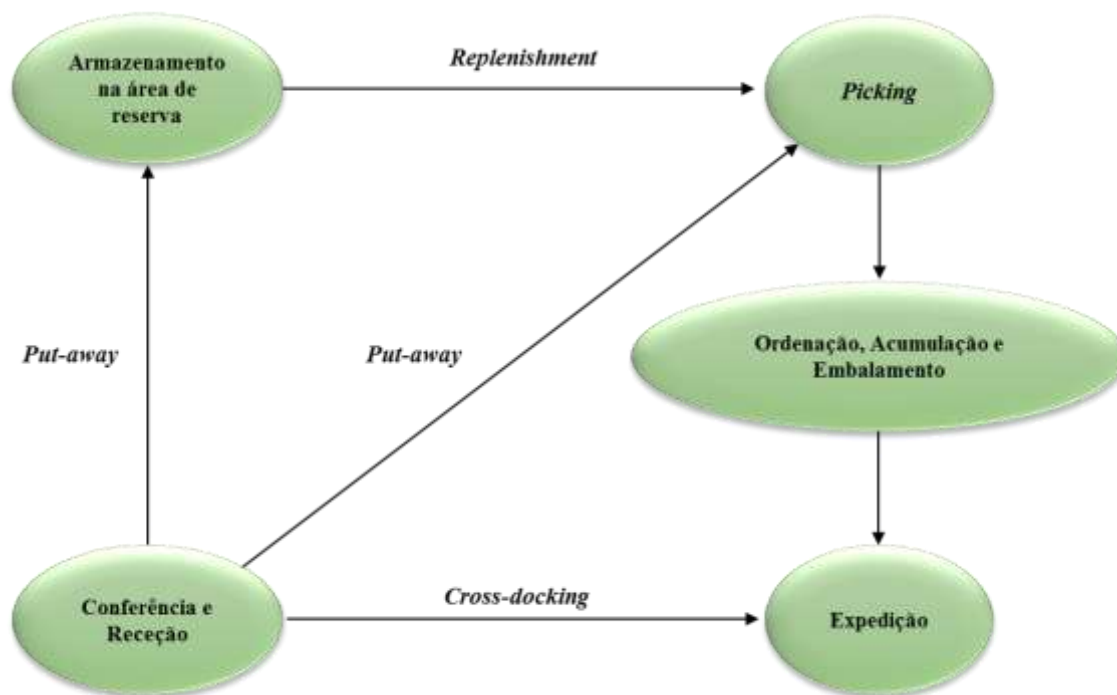


Figura 8 – Atividades de armazenamento [22] (Adaptado)

No armazém existem quatro operações básicas principais: recepção; armazenamento; *picking*; expedição [16].



Figura 9 – Operações básicas de armazenamento

A operação que apresenta uma maior importância no custo total de um armazém é o *picking*, uma vez que requer elevada mão-de-obra e tempo.

Esta atividade apresenta um peso de cerca de 55% do total dos custos operacionais, sendo assim importante otimizar a operação de *picking* [22].

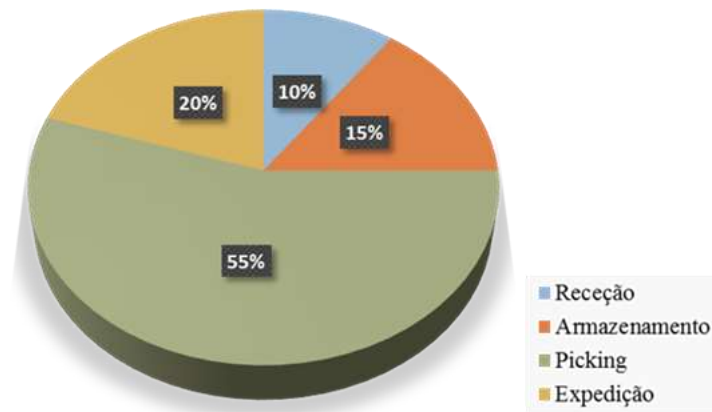


Figura 10 – Distribuição anual dos custos operacionais de um armazém [22] (Adaptado)

### 2.2.2.1. RECEÇÃO

A atividade de receção caracteriza-se pela entrada física no sistema de todos os artigos que são recebidos em armazéns, cuja quantidade e qualidade devem ser asseguradas segundo as especificações das encomendas realizadas [23].

A receção engloba três processos principais. Primeiramente, a entrada física no sistema de todos os produtos que são recebidos no armazém. Depois assegura-se de que o tipo, quantidade e qualidade do artigo corresponde às especificações das ordens realizadas pela empresa aos fornecedores. Por fim, os produtos são direcionados para a secção de armazenamento ou para as outras áreas da empresa onde estes são requisitados [15].

### 2.2.2.2. ARMAZENAMENTO

A arrumação ou *put-away* consiste na colocação dos artigos nos espaços de armazenamento disponíveis para esse efeito, incluindo a movimentação e arrumação dos artigos e a verificação da respetiva localização [15].

A operação de armazenamento refere-se à permanência física dos produtos nos sistemas de armazenamento, enquanto não são requeridos para expedição. O método utilizado para o armazenamento depende do tipo, tamanho e quantidade do produto, assim como, das

características de manuseamento do mesmo. Quando os artigos armazenados são necessários para satisfazer as necessidades dos clientes, procede-se à atividade de abaixamento ou *replenishment*, que consiste na realocação dos artigos armazenados, movimentando-os do *stock* de reserva para as localizações de *picking* [23].

Se existir mais do que uma única unidade no armazém de um determinado artigo, a ordem pela qual são selecionados para a atividade de *replenishment* é definida segundo regras específicas. As mais usuais são a *First-in, First-out* (FIFO), a *Last-in, First-out* (LIFO) e a *Batch first-in, first-out* (BFIFO). A FIFO refere que os primeiros produtos a entrarem no armazém devem ser os primeiros a serem retirados. Na regra LIFO, os últimos artigos a entrarem em armazém são os primeiros a serem retirados. A BFIFO considera o lote do artigo, pelo que artigos do mesmo lote estão em igualdade de circunstâncias em termos de utilização e no caso de existirem diferentes lotes, os primeiros lotes a entrarem devem ser os primeiros a serem retirados para abaixamento [10].

### 2.2.2.3. *PICKING*

Posteriormente ao *replenishment*, o artigo fica numa localização designada de *picking*. Essas localizações podem ser fixas ou dinâmicas. A localização fixa tem como objetivo atribuir a cada produto uma localização específica, definida previamente e que permanece a mesma, com o intuito de reduzir o tempo de deslocação dos *pickers*, aumentar a taxa de utilização tanto do espaço de armazenamento como de mão de obra. Este tipo de localização é, normalmente, atribuído por um período de tempo longo, tendo como base o histórico de saídas ou as previsões de procura. A localização de *picking* dinâmica traduz-se num processo semelhante ao anterior, com a diferença de este ser realizado com mais frequência, geralmente, de acordo com as encomendas a preparar. Os supervisores podem alterar as localizações de *picking* frequentemente, de modo a tornar a recolha de artigos mais eficiente [15].

Uma vez que o artigo se encontra na local de *picking*, realiza-se a atividade de *picking*, que é uma das mais importantes em armazém, dado que é nesta fase que se inicia o serviço ao cliente, tendo assim um elevado impacto no tempo, custo e qualidade logística. Esta

atividade é responsável pela preparação dos artigos que constam na encomenda de um determinado cliente.

É também designado por *order picking*, ou preparação de ordens, e refere-se à seleção e recolha dos produtos no armazém. Trata-se do inverso do *put-away*. Os artigos são retirados da posição de armazenamento para serem reunidos por encomendas e enviados aos clientes. Esta é uma das atividades que mais tempo e recursos consome no armazém, sendo considerada primordial na criação do *layout* do armazém [4].

#### **2.2.2.4. EXPEDIÇÃO**

Após a execução do *picking*, procede-se à atividade de ordenação, acumulação e embalagem dos produtos que consiste na preparação da palete, ou seja, em colocar os produtos da encomenda na palete respetiva para seguir para expedição [4].

Antes de ser realizado o transporte dos artigos aos pontos de venda, é preciso verificar se as encomendas estão completas e se apresentam todos os requisitos necessários. Após esta análise, os artigos são colocados em contentores adequados ao seu transporte. São preparados os documentos de transporte, contendo toda a informação necessária, como por exemplo, a lista de embalagens, etiquetas de endereço e informação de embarque.

Nos processos de armazenamento existe um que não se enquadra nas operações básicas: o *cross-docking*. Situa-se entre as operações de receção e expedição, mas não tem interação com os principais processos dentro do armazém. A atividade de *cross-docking* consiste na transferência direta de mercadoria recebida para a expedição. Desta forma, é possível satisfazer as necessidades dos clientes, eliminando-se as atividades entre a receção e expedição [24].

### 2.2.3. MÉTODOS DE ARMAZENAMENTO

Os métodos de armazenamento permitem definir a disposição dos artigos num determinado armazém, sendo que existem diversos métodos para a atribuição dos locais de armazenamento.

Os principais métodos utilizados são a armazenamento aleatório, armazenamento por classes e armazenamento baseado na procura. Para além destes métodos, existem ainda o armazenamento com localização mais próxima e o armazenamento dedicado. [24].

#### 2.2.3.1. ARMAZENAMENTO ALEATÓRIO

É distribuído aleatoriamente um local no armazém para todos os artigos recebidos, tendo todos os locais vazios, existindo a mesma probabilidade de serem ocupados. A deslocação é mais curta no caso de o armazenamento estar organizado por zonas de atividade, caso contrário, a deslocação é, normalmente, maior [24].

Inicialmente obtém-se a lista de artigos para armazenar. Posteriormente, gera-se um local aleatoriamente para cada artigo e verifica-se se o mesmo está livre. Se estiver livre, atribui-se o artigo a esse local. Caso não esteja disponível, gera-se novamente outro número aleatório, Figura 11 [25].



Figura 11 – Fluxograma da implementação do armazenamento aleatório [25] (Adaptado)

### 2.2.3.2. ARMAZENAMENTO BASEADO NA PROCURA

O método de armazenamento baseado na procura consiste na arrumação de todos os artigos de acordo com a sua frequência de procura, ou seja, os produtos com um maior volume de saída localizam-se em locais mais acessíveis enquanto que os com menos saída ficam em locais com acessibilidade mais difícil no armazém. Neste método existem algumas desvantagens, tais como, a perda de eficiência e de flexibilidade no armazém, dado que em cada encomenda seria preciso redefinir quantidades altas de *stock* e atualizar a informação constantemente. Deste modo, nos casos em que as taxas de procura variam muito, não se torna vantajoso aplicar este método [24].

Neste método, após se obter a lista dos artigos a armazenar, efetua-se a classificação dos mesmos tendo em conta a sua popularidade e ordena-se por ordem decrescente. São procurados todos os locais livres e encontrados os mais próximos do sítio de recolha. Por fim, atribui-se a cada artigo um local de armazenamento, começando pelos que têm maior taxa de procura, Figura 12.

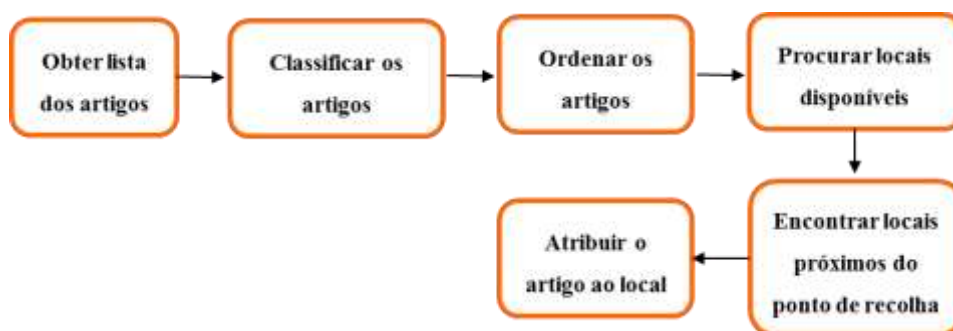


Figura 12 – Fluxograma da implementação do armazenamento baseado na procura [25]

(Adaptado)

### 2.2.3.3. ARMAZENAMENTO POR CLASSES

O método do armazenamento por classes concilia diferentes métodos, como o armazenamento baseado na procura, o armazenamento aleatório e o armazenamento dedicado. Baseia-se na Análise de Pareto, onde todos os artigos em *stock* são classificados de acordo com a sua popularidade. É atribuída a cada classe uma zona específica no

armazém, e nessa mesma área são armazenados de forma aleatória. As classes podem ser determinadas segundo a frequência da procura dos artigos, como o volume de *picking* [24].

Inicialmente obtém-se a lista de artigos para armazenamento e as respectivas classes a que cada um pertence. Cria-se uma lista para cada classe, de forma a obter um indicador do espaço que é necessário para cada classe. Depois começa-se por armazenar os itens, começando pelos de maior procura, nas primeiras posições livres em cada estante, e assim sucessivamente, Figura 13.

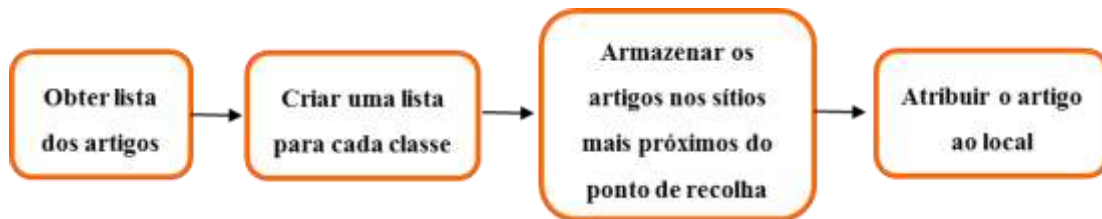


Figura 13 – Fluxograma da implementação do armazenamento por classes [25] (Adaptado)

#### 2.2.3.4. ARMAZENAMENTO COM LOCALIZAÇÃO MAIS PRÓXIMA

Os operadores têm a possibilidade de selecionar o local onde pretendem armazenar o artigo. Geralmente, a primeira área vazia será a escolhida para o armazenamento. Desta forma, as estantes mais próximas da zona de operação tendem a estar mais rapidamente completas, ao passo que as mais longínquas tendem a estar vazias [24].

Começa-se por obter a lista dos artigos a armazenar e procuram-se todos os locais disponíveis. Dentro dos locais desocupados, procura-se o local mais próximo do ponto de recolha e atribui-se o local escolhido ao artigo. Efetua-se este procedimento para cada artigo, Figura 14.

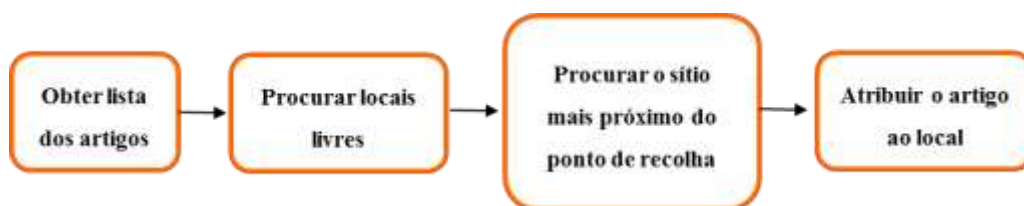


Figura 14 – Fluxograma da implementação do armazenamento com localização mais próxima [25]

(Adaptado)

### 2.2.3.5. ARMAZENAMENTO DEDICADO

Ocorre o armazenamento dos artigos num local fixo. Os artigos são sempre colocados no mesmo sítio, sendo que mais nenhum outro pode ocupar essa posição, mesmo quando essa se encontra vazia. Existe a necessidade de reservar espaço suficiente para o nível máximo de *stock* de cada artigo, sendo esta a principal desvantagem, pois leva a um elevado desperdício de espaço. Porém, o conhecimento dos locais por partes dos operadores é uma vantagem. Na alocação dos artigos é necessário ter em consideração o seu peso, colocando os mais pesados em baixo e os mais leves em cima [24].

Primeiramente, obtém-se a lista de artigos e a família a que pertencem, se for o caso. Cria-se uma lista para cada família para se obter um indicador do espaço necessário para cada família. Depois, para cada família e para cada artigo dentro dessa família, inicia-se o armazenamento partindo do primeiro local disponível. Não é necessário ter em conta a distância envolvida para determinar o local para cada artigo. Após o armazenamento da primeira família, continua-se a armazenar as restantes famílias onde a anterior parou, Figura 15.

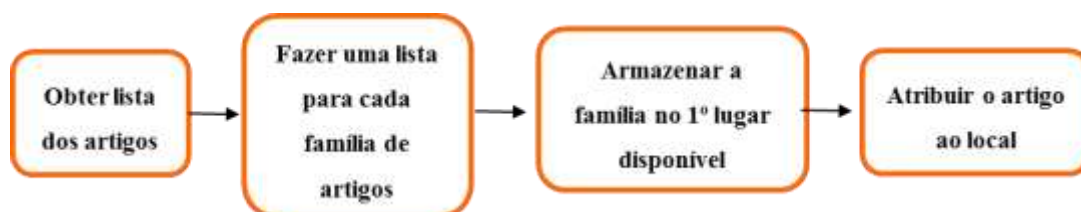


Figura 15 – Fluxograma da implementação do armazenamento dedicado [25] (Adaptado)

### 2.2.3.6. COMPARAÇÃO DOS VÁRIOS TIPOS DE ARMAZENAMENTO

Na Tabela 2 podemos observar as vantagens e desvantagens dos diversos métodos de armazenamento.

Tabela 2 – Comparação dos vários tipos de armazenamento [26] (Adaptado)

Método	Vantagens	Desvantagens
<b>Armazenamento aleatório</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fácil de aplicação;</li> <li>- Não necessita de informação adicional;</li> <li>- Requer, por norma, menos espaço que as restantes soluções;</li> <li>- Otimiza a dispersão dos vários artigos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necessidade de um sistema informático para localizar o <i>stock</i>;</li> <li>- Pode existir dispersão nos artigos com maior rotação, levando a mais movimentações;</li> <li>- Criação de congestionamento quando mais do que um operador tem de operar na mesma área.</li> </ul>
<b>Armazenamento baseado na procura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tempos de viagem reduzidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixa flexibilidade atendendo a ser um local para cada artigo;</li> <li>- Grande quantidade de dados;</li> <li>- Necessidade de movimentações periódicas dos artigos para se ajustar à procura.</li> </ul>
<b>Armazenamento por classes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tempos de viagens reduzidos;</li> <li>- Baixo número de movimentações desnecessárias;</li> <li>- Maior facilidade de implementação do que armazenamento baseado na procura;</li> <li>- Maior poupança quando comparado com utilização de rotas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necessidade de movimentações periódicas dos artigos para se ajustar à procura;</li> </ul>
<b>Armazenamento com localização mais próxima</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilidade de implementação;</li> <li>- Não requer informação adicional;</li> <li>- Requer, por norma, menos espaço que restantes métodos;</li> <li>- Otimiza a dispersão dos vários artigos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existência de congestionamento quando mais que um operador tem necessidade de recolher artigos na mesma área.</li> </ul>
<b>Armazenamento dedicado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não é necessário atualizar a localização dos artigos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Artigos de maior rotação podem não estar localizados nos locais mais próximos da saída;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Local está cativado mesmo para artigos que não se encontram em <i>stock</i>;</li> <li>- Maior facilidade dos operadores para aprenderem a localização dos artigos.</li> </ul>	- Menor ocupação do espaço.
--	--	-----------------------------

Os sistemas de armazenamento podem ainda ser estáticos ou dinâmicos, conforme exista ou não uma realocação durante o processo de armazenamento. Para identificar qual a classificação a atribuir, deve-se ter em conta algumas características, tais como o número de produtos diferentes, a dimensão e peso dos produtos, a quantidade de cada produto, o espaço disponível para armazenamento e a estratégia organizacional [27].

Na Tabela 3 são apresentados os vários tipos de armazenamento em função da tecnologia, tipo e localização dos artigos.

Tabela 3 – Tipos de armazenamento [27] (Adaptado)

Características	Tipo	Descrição
<b>Tecnologia</b>	<b>Armazenamento no chão</b>	Os artigos são armazenados diretamente no chão.
	<b>Armazenamento em estantes</b>	Os artigos são armazenados e estantes.
<b>Tipo</b>	<b>Armazenamento em bloco</b>	Os artigos são empilhados em cima uns dos outros, lado a lado, um depois do outro.
	<b>Armazenamento em linha</b>	Os artigos são empilhados em cima uns dos outros, lado a lado, um depois do outro, mas com corredores entre <i>racks</i> .

<b>Localização</b>	<b>Armazenamento Estático</b>	Os produtos mantêm a mesma localização desde a arrumação até à expedição.
	<b>Armazenamento Dinâmico</b>	Os produtos podem sair da localização inicial.

#### 2.2.4. MÉTODOS DE *PICKING*

O processo de *picking* consiste em extrair do *stock* de um determinado armazém os produtos que o cliente encomenda, no momento certo e na quantidade precisa. Depois, os produtos são entregues ao cliente nas melhores condições possíveis.

Existem vários sistemas de *picking*, sendo o mais utilizado o *picking-to-parts*, uma vez que este consiste na recolha de todos os produtos de uma ou mais encomendas por um operador, pois o operador tem que se deslocar pelas localizações dos produtos encomendados.

No sistema *picking-to-parts*, podem ser considerados quatro métodos: *picking by order*, *picking by line*, *zone picking* e *batch picking*. No método *picking by order* o operador é responsável por recolher todos os itens de uma encomenda, ou seja, este desloca-se pelo armazém procurando os produtos encomendados, que apresentam uma posição fixa, satisfazendo assim a encomenda do cliente. No *picking by line* o operador recolhe em cada localização a quantidade de produto necessária para satisfazer várias encomendas, efetuando a sua separação posteriormente. No método *zone picking*, a área de *picking* está dividida em zonas e cada operador é alocado a uma zona e recolhe na zona em que está alocado a quantidade de produto necessária para satisfazer várias encomendas. Os produtos recolhidos em cada zona são consolidados de forma a que as encomendas fiquem completas. O método *batch picking* é semelhante ao método *picking by line*, sendo considerado um grupo de encomendas e não a totalidade [4].

Os sistemas de *picking* podem ser classificados também em *man-to-part* e *part-to-man*. Os *man-to-part* são os mais tradicionais e trata-se de um sistema onde o operador se desloca até ao local do artigo. Neste sistema ocorre um grande número de deslocações e há a necessidade de ter um bom sistema de localização de *stock*. Por sua vez, nos sistemas *part-to-man* não

existe a deslocação do operador, pois são os produtos que se deslocam de forma automática até a um local de acesso onde se encontra o operador [4].

A automatização do *picking* tem um forte impacto quando existe um grande volume de artigos a serem recolhidos. Tem como principais vantagens a velocidade, precisão e produtividade mais elevadas. A utilização de robôs nos armazéns tem aumentado na área da manufatura, possibilitando a realização de diversas funções com bastante precisão [21].

#### **2.2.4.1. INFORMAÇÃO E BOAS PRÁTICAS NO *PICKING***

O tempo de deslocamento é o fator mais importante no processo de *picking*, no entanto, o tempo utilizado para obter a informação também deve ser tido em conta. A informação do *picking* engloba a leitura da localização do artigo, a descrição do código ou nome do artigo, as quantidades a recolher, entre outros dados [3].

Para que não ocorram erros nesta atividade é necessário que toda a informação seja de fácil compreensão e precisa. Existem alguns requisitos para que não ocorram erros no processo de *picking*, tais como, o sistema de localização de *stock*, a identificação dos locais de armazenamento e a lista de *picking* [28]

É fundamental que exista um bom controlo dos processos de armazenamento, sendo por isso, vantajosa a utilização de um sistema WMS (*Warehouse Management System*). Desta forma, a armazenamento de produtos pode conter uma vasta gama de artigos e diversas localizações possíveis. Este sistema permite o registo de operações e transações feitas no armazém, uma maior facilidade na procura de artigos e proporciona a atualização constante do inventário [3].

A localização dos locais de armazenamento dos artigos pode ser auxiliada pelo uso de etiquetas de localização e pela descrição do artigo na lista de *picking*, apresentando informações semelhantes. Na lista de *picking*, os artigos devem estar colocados pela ordem em que se encontram armazenados de acordo com os métodos de armazenamento estabelecidos [3].

Para um sistema de *picking* eficiente podem ser adotadas algumas medidas, tais como [29]:

- **Verificação dos produtos com maior rotação** – Identificação dos produtos com maior rotação dentro do armazém, ou seja, com uma maior quantidade de saída. Os artigos com maior movimentação devem ser armazenados nas posições com maior facilidade de acesso para expedição e abastecimento.
- **Efficiente sistema de localização** – Deve ser efetuada a padronização de endereços para a localização dos itens, criando um sistema de localização de produtos. Assim, é possível reduzir o tempo de procura dos artigos.
- **Evitar a contagem dos artigos na sua recolha** – A contagem dos artigos aumenta o tempo de *picking*, por isso, este comportamento deve ser evitado. Podem ser adquiridas soluções, como por exemplo, o agrupamento de itens em embalagens. Deste modo, podem também ser eliminados erros na separação das encomendas.
- **Avaliação do operador de *picking*** – Deve ser efetuada a análise do trabalho do operador de *picking*, detetando-se os erros e identificando-se a sua causa.
- **Eliminação de documentos em papel** – Os documentos escritos em papel atrasam o processo de *picking*, uma vez que, as informações têm que ser lidas, interpretadas e comparadas, levando à ocorrência de erros. Podem ser utilizadas tecnologias para a substituição destes documentos, tais como, os leitores de código de barras, os sistemas de reconhecimento de voz e os terminais de radiofrequência.

Para analisar a atividade de *picking*, é necessário acompanhar as várias etapas e interrupções, fazendo a cronometragem dos tempos de cada uma. O índice de performance utilizado para avaliar a eficiência da atividade de *picking* é o seguinte [30] :

$$Eficiência = \frac{Tempo\ de\ Preparação + Tempo\ de\ Abastecimento + Tempo\ de\ Finalização}{Tempo\ de\ Preparação + Tempo\ de\ Abastecimento + Tempo\ de\ Interrupções} \quad (1)$$

### 2.2.5. PLANEAMENTO DE ROTAS

O planeamento de rotas possibilita a diminuição das distâncias totais a percorrer e a identificação do trajeto mais curto entre a localização de cada artigo e o depósito de recolha.

O método das rotas indica a melhor sequência que o operador deve seguir para recolher os artigos encomendados e determina o trajeto mais curto a percorrer entre a localização de cada produto e a área de expedição.

Existem diversos métodos para estabelecer a rota de *picking* dos operadores: Forma de S (*Shape*), Retorno (*Return*), Ponto Médio (*Midpoint*), Maior Intervalo (*Largest Gap*), Combinado (*Combined*) e Ótimo (*Optimal*). Estes métodos estão representados na Figura 16 [31].

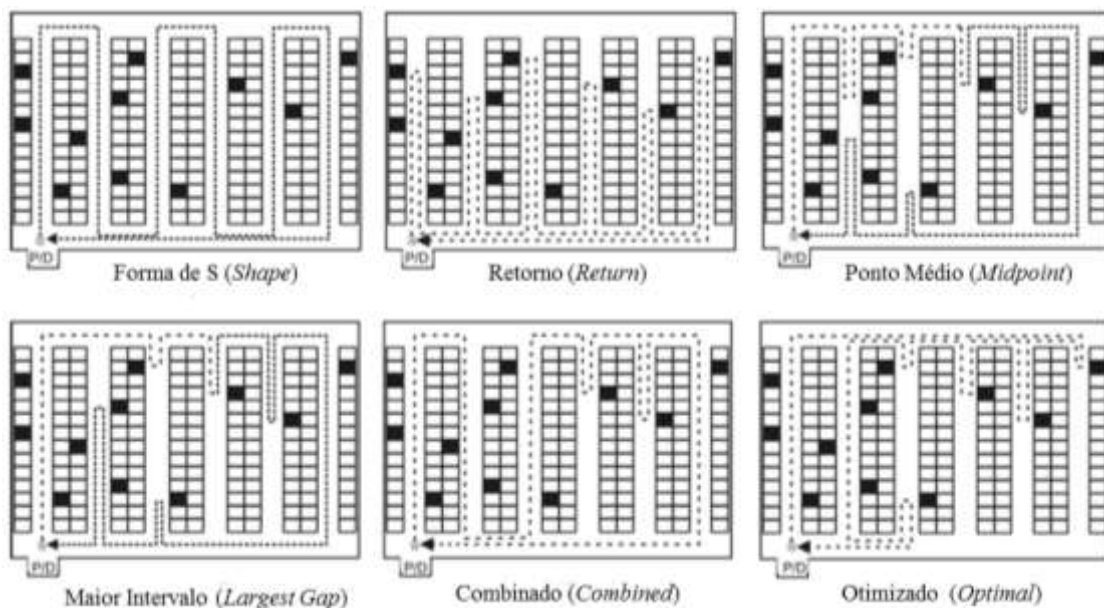


Figura 16 – Métodos de definição de rotas [31]

A Tabela 4 descreve resumidamente todos os métodos de rota de *picking* referidos anteriormente.

Tabela 4 – Descrição dos diferentes métodos de rotas de *picking* [31]

Método	Descrição
<b>Em Forma de S</b> ( <i>S-Shape</i> )	O operador atravessa todo o corredor que tenha um item a ser recolhido. Os corredores que não têm nenhum produto para ser recolhido são os únicos a serem ignorados. A exceção é feita para o último corredor visitado se o número total de corredores a serem visitados for ímpar, neste caso o operador sai pelo mesmo corredor por onde entrou.
<b>Retorno</b> ( <i>Return</i> )	O operador entra e sai sempre pelo mesmo sítio. Se não existir nenhum artigo para recolher num certo corredor, o operador não o percorre e passa para o seguinte.
<b>Ponto Médio</b> ( <i>Midpoint</i> )	O operador vai até ao ponto médio de um corredor, no máximo. Os únicos corredores percorridos na totalidade são o primeiro e o último.
<b>Maior Intervalo</b> ( <i>Largest Gap</i> )	Em todos os corredores que contêm um único item a ser recolhido, o operador entra e sai pelo mesmo lado do corredor, exceto no primeiro e último que são percorridos por inteiro. O operador atravessa um corredor usando a rota de retorno se recolher a maioria dos artigos, e os restantes são retirados através do outro lado do corredor.
<b>Combinado</b> ( <i>Combined</i> )	Consiste na combinação do método da forma de S com o método do retorno. O operador sai do mesmo lado que entra e os corredores tanto podem ser percorridos na totalidade como parcialmente.
<b>Otimizado</b> ( <i>Optimal</i> )	Combina o melhor de cada um dos métodos anteriores, permitindo encontrar uma rota ótima, sendo a mais curta, eficiente e eficaz relativamente às distâncias percorridas e ao tempo consumido.

A aplicação do método das rotas na atividade de separação de encomendas, proporciona ao operador obter uma redução, na distância de viagens, entre 17% e 34%. Essa redução depende principalmente do método utilizado [31].

Os métodos mais utilizados na prática são o *S-Shape*, *Return*, *Largest Gap* e *Combined*. Estes apresentam um menor esforço de programação e são mais fáceis de se adaptar à realidade em armazém. Estas heurísticas são menos orientadas para a omissão de posições existentes e geram rotas mais conscientes [32].

## **2.3. GESTÃO DE *STOCKS***

*Stock* consiste numa reserva de material ou produtos, que tem como objetivo facilitar a produção ou venda, satisfazendo a procura dos clientes.

A gestão de *stocks* aborda as questões relacionadas com a organização do espaço físico do armazém e a conservação e movimentação dos materiais desde a sua receção até à entrega aos utilizadores. Tem como finalidade reduzir e manter o *stock* ao nível mais baixo possível, em termos quantitativos e financeiros. Esta gestão implica diferentes tipos de operações inerentes ao armazenamento. Para além das entradas, inventário e saídas de artigos, requer de uma análise a nível de quantidades e investimentos necessários para a sua aquisição, detenção e manutenção. Também a classificação de *stocks* faz parte desta gestão.

Uma das razões para se manterem *stocks* é a sua função no cumprimento dos requisitos do serviço a clientes, no amortecimento entre a procura e o abastecimento, na procura inesperada e falha no fornecimento ou produção.

Uma gestão de *stocks* incorreta pode prejudicar as atividades produtivas, justificando-se um esforço permanente no sentido de evitar ruturas, diminuir prazos, baixar custos, otimizar a utilização dos espaços e facilitar a escolha de material [6].

### **2.3.1. LOCALIZAÇÃO DE ARTIGOS EM ARMAZÉM**

A alocação dos artigos nos espaços tem em conta a organização dos mesmos no armazém, de modo a que a taxa de utilização do espaço seja a maior possível e que a movimentação de cargas dentro do armazém seja fácil. Os artigos podem ser armazenados segundo diferentes métodos: localização fixa, localização aleatória e localização mista [33].

Na localização fixa, o artigo é alocado num local específico. Os espaços são definidos com base na taxa de rotação do *stock*, número de movimentos de entrada e saída dos artigos, rácio entre o volume dos artigos e o número de movimentos entrada e saída de artigos [4].

No método de localização aleatória, os artigos alocam-se de forma aleatória, tendo em conta os espaços vazios no momento da receção do produto a alocar. Assim, um produto pode estar

armazenado em diferentes locais do armazém, aumentando-se a taxa de utilização do espaço de armazenamento. Contudo, este método pode levar ao aumento das distâncias percorridas, uma vez que um artigo poderá ser alocado numa área mais afastada do cais e como o mesmo produto pode apresentar diferentes localizações poderá ocorrer um aumento da distância percorrida no momento de abaixamento.

Os dois métodos referidos anteriormente podem ser combinados de forma a ser possível usufruir das vantagens de ambos, originando o método misto. Neste método a área de armazenamento é dividida em zonas, sendo as referências alocadas a uma zona de acordo com um determinado critério pré-definido. Depois em cada local, os produtos são armazenados de forma aleatória [4].



Figura 17 – Métodos de localização de artigos [4] (Adaptado)

### 2.3.2. ZONA DOURADA

A ergonomia e o fator humano estão relacionados com a melhoria da eficácia da recolha de ordens. A eficácia mede-se em produtividade por hora ou em probabilidade de ocorrência de lesões relacionadas com o trabalho [34].

Antigamente os locais de trabalho eram organizados de forma a otimizar o espaço ocupado, porém, nos dias de hoje é dada uma maior importância ao conforto do trabalhador, através da diminuição da fadiga e do esforço, eliminando assim, a necessidade de limitações ao nível da estrutura corporal.

Existe um princípio de organização das prateleiras dos *racks* de um armazém, que se baseia na acessibilidade às posições existentes. Na recolha de artigos em armazém, designa-se por zona dourada o local da estante ao nível do torso do operário, ou seja, a posição central de uma estante. Deve evitar-se alocar produtos que precisem da movimentação das mãos acima dos ombros ou abaixo da cintura e não deve haver a necessidade de dobrar ou esticar a coluna vertebral. Deste modo, minimiza-se o esforço envolvido na manipulação de cargas. A zona dourada deve ainda ser utilizada para o armazenamento de produtos de maior rotação, uma vez que, serão estes que envolvem mais movimentos de *picking* e reposição de produtos [35].

### **2.3.3. ANÁLISE ABC**

A gestão de *stocks* envolve, muitas vezes, centenas ou milhares de artigos. Para que os responsáveis pela gestão sejam capazes de executar com eficácia o seu trabalho, devem ter maior atenção nos artigos que mais necessitam e utilizar metodologias de controlo menos exigentes para os menos importantes. Geralmente, um pequeno número de artigos é responsável por uma elevada percentagem do valor de *stocks*, deste modo não se deve despender o mesmo tempo e dinheiro para controlar de igual forma os artigos que não contribuem de uma forma significativa para a totalidade do valor dos *stocks* consumidos anualmente.

Existe uma técnica designada por Análise ABC que tem como principal objetivo estabelecer um grau de controlo para cada artigo. A análise ABC, também designada por regra de Pareto, assenta nesta ideia, permitindo agrupar os diferentes artigos tendo em conta a classe em que se insere e a política da organização. Os produtos pode ser divididos em três classes: A, B e C. Geralmente são utilizadas estas três classes, mas pode ser usado um número maior de classes, significando um aumento de eficiência [36].

Pertencem à classe A aproximadamente 20% dos artigos que representam cerca de 80% do critério escolhido. Cerca de 30% dos artigos são de classe B, representando aproximadamente 15% do critério em uso. Os restantes 50% dos artigos pertencem à classe C e representam cerca de 5% do critério escolhido [4].

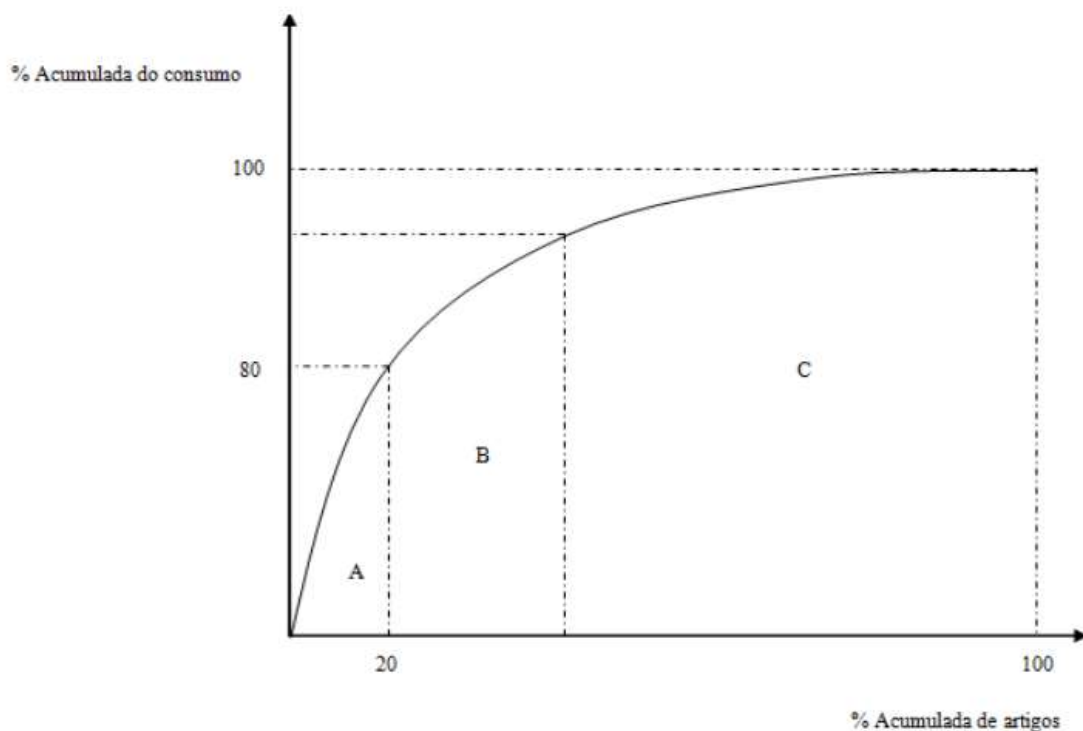


Figura 18 – Exemplo de uma curva ABC [36]

A Análise ABC é utilizada nos armazéns, por exemplo, no armazenamento por classes, cujo critério se fundamenta no número de saídas. Os artigos são alocados de forma a que a classe A contenha apenas 20% dos artigos que representem 80% da quantidade de saída do armazém, e assim sucessivamente [24].

Apesar de cada empresa apresentar o seu sistema de controlo, tendo em conta o seu contexto específico, em todas as empresas deve ser adotado o lema de que os artigos da classe A necessitam de um maior controlo do que os artigos da classe B e C. As decisões acerca dessa classe devem ser cruciais para a eficiência organizacional. As ações de controlo para os artigos de classe B podem ser as mesmas do que os artigos de as usadas nos artigos de classe A, mas com uma menor frequência. Para os artigos de classe C basta a realização de um controlo anual.

A análise ABC pode ser efetuada tendo por base diversos critérios, como por exemplo, o valor anual do consumo de artigos ou o valor das existências em armazém num determinado momento. Esta análise pode também ser efetuada a fornecedores ou a clientes, permitindo um tratamento diferenciado de cada grupo [36].

Tendo em conta o consumo anual de cada componente, deve calcular-se a percentagem desse valor no total do consumo do armazém. Posteriormente, fazer-se uma ordenação acumulativa decrescente, separando do maior para o menor. Cada classe é alocada numa determinada zona no armazém, com a finalidade de reduzir as distâncias percorridas no mesmo [24].

Na Figura 19 estão representados dois exemplos de implementação do armazenamento por classes.

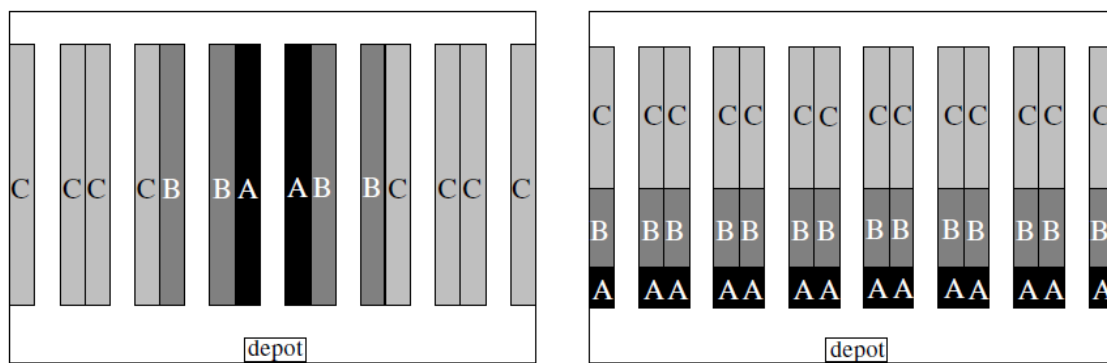


Figura 19 – Formas de implementar o armazenamento por classes [24]

#### 2.3.4. CUBE PER ORDER INDEX (COI)

Anteriormente foram apresentados os critérios para a construção do *layout* (complementaridade, compatibilidade, popularidade e tamanho), que permitem obter o *layout* mais vantajoso para o armazém. Os critérios de popularidade e tamanho, quando utilizados cada um por si só, não são suficientes para obter essa localização. Porém, quando utilizados em conjunto, complementam-se e eliminam as falhas de cada um. Ao método que engloba os dois critérios chama-se de *Cube per Order Index* (COI) [13].

O COI é um método que consiste na localização de referências segundo um quociente entre a necessidade de espaço para o armazenamento do artigo e a sua procura, como está representado na seguinte equação [34]:

$$COI = \frac{\text{Número de ordens de um artigo}}{\text{Espaço necessário para o artigo}} \quad (2)$$

Utilizando o critério de alocação de artigos com COI, os artigos com COI mais alto devem estar mais próximos de saída. Os artigos com um COI inferior são armazenados nas localizações mais desejáveis, ou seja, nas localizações mais próximas do cais e do *picking* dos artigos, reduzindo a distância que será necessária percorrer [34].

Este critério isolado pode não ser o melhor para minimizar deslocamentos, dependendo do modo como são realizadas as recolhas. Pode optar-se por perceber a relação entre os produtos, ou seja, organizar grupos de artigos que tenham uma probabilidade mais alta de saírem juntos e alocar esses grupos segundo o COI do grupo. [34].

O método COI pode também ser utilizado com base na quantidade de encomendas de cada artigo, ou seja, a quantidade de vezes que esse artigo foi recolhido. Neste caso, o COI traduz-se no rácio entre o espaço cúbico médio do artigo para armazenamento e o número médio de encomendas, num determinado período de tempo em que esse artigo é requisitado. O cálculo está representado na seguinte equação [25]:

$$COI = \frac{Volume}{Encomendas} \quad (3)$$

Deste modo, para encomendas iguais, quanto maior for o volume do artigo, maior é o COI e quanto menor o volume do artigo, menor será o COI. Para volumes iguais, quanto menos encomendas do artigo houver, maior é o COI e quanto mais encomendas do artigo, menor é o COI [25].

### **2.3.5. CODIFICAÇÃO DAS LOCALIZAÇÕES**

Para a localização dentro de um armazém podem ser utilizadas algumas ferramentas, sendo uma delas uma codificação alfanumérica, representando assim as diferentes localizações. As localizações dos artigos estão relacionadas com o *layout* do armazém, e por isso, é com base neste que se determina o método de localização [3].

Para facilitar a identificação dos locais de armazenamento é importante que, quando um operador efetua o processo de identificação de um artigo numa certa localização, as etiquetas de localização, a descrição do artigo na lista de *picking* e o artigo que se encontra na estante, apresentem informações semelhantes [3].

O código utilizado para a identificação do artigo deve ser o mais claro possível, de forma a que qualquer pessoa possa encontrar rapidamente qualquer artigo no armazém. Deve ter uma leitura fácil, lógica e específica, indicando a localização para cada artigo [3].

A localização dentro do armazém implica a utilização de algumas ferramentas, geralmente um código alfanumérico, que representa diferentes localizações. Estas relacionam-se com o *layout* do armazém, e é com base neste que se determina um método de localização.

Um exemplo deste processo consiste em dividir o armazém por filas, em que cada uma tem uma localização associada [37].

A Figura 20 é um exemplo de uma etiqueta de identificação dos locais de armazenamento.

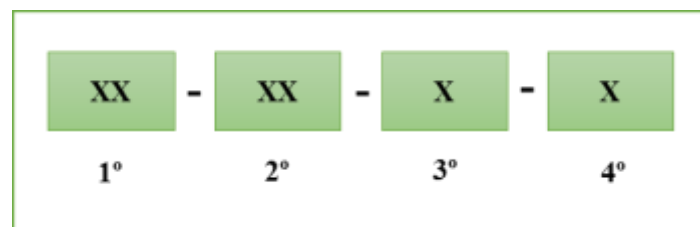


Figura 20 – Etiqueta de identificação do local de armazenamento [28]

A descodificação de cada dígito é a seguinte [28]:

- 1º. - Corredor onde os artigos se encontram armazenados;
- 2º. - Número do módulo de estante onde se encontra o artigo;
- 3º. - Número da prateleira ou nível, partindo do chão no sentido crescente;
- 4º. - Posição na prateleira em que se encontra.

## 2.4. EQUIPAMENTO DE ARMAZÉM

Existem vários equipamentos especiais para a redução de custos operacionais e o aumento da utilização do espaço de um armazém. Alguns são utilizados para movimentar cargas dentro do armazém e outros apenas para organizar as cargas no espaço.

A base para cargas unitárias é a paleta, que consiste numa plataforma portátil para a montagem de produtos com o objetivo de criar uma unidade de carga para o manuseamento e a armazenagem dos materiais. A sua estrutura básica é de uma cobertura instalada em cima de suportes, cuja altura é reduzida ao mínimo possível. Geralmente, o material usado para a sua construção é a madeira, devido a ser um material barato e facilmente reciclável. As paletes podem ser classificadas em madeira forte ou macia, dependendo da capacidade carga que necessita, da durabilidade esperada e das condições de manuseamento e de armazenagem.

A eficiência de carga de uma paleta é dependente do padrão no qual os produtos são empilhados. Um padrão eficiente permite armazenar mais material no mesmo espaço, tornando possível realizar o transporte de maior quantidade de material num menor número de viagens [15].

O armazenagem em altura permite aumentar o número de produtos e diminuir o número de deslocamentos. É possível armazenar artigos até cerca de 10 metros de altura. Para a deslocação dos artigos são utilizadas as paletes ou caixas de *stock* para volumes mais pequenos. Para uma paleta não existe uma altura padrão, normalmente este acondicionamento é armazenado no chão, em profundidade e altura [38].

Os produtos podem ser armazenados pelo sistema de empilhamento em bloco ou empilhamento em paletes de armação. O empilhamento em bloco as cargas unitárias são empilhadas umas sobre as outras estando a sua base assente no solo. A altura depende das características do material e do armazém, tais como, peso e estabilidade do material e altura e segurança das instalações. O sistema de empilhamento em paletes de armação permite o empilhamento de produtos, aumentando a mobilidade e a eficiência na utilização do espaço. Pode ser constituído por uma armação unida às paletes ou por uma unidade de aço independente [38].



Figura 21 – Sistemas de empilhamento em bloco ou paletes de armação [15]

As paletes podem ser movimentadas por empilhadoras e porta-paletes manuais [15].

As dimensões das paletes são normalizadas, apenas a altura das estantes pode ser ajustada. A estante de armazenamento tem como vantagem permitir uma maior altura de empilhamento que o armazenamento no chão. Se cada localização estiver identificada e possuir uma capacidade limitada, os componentes são facilmente selecionados. Porém, existe a necessidade de utilizar corredores e veículos especializados para a movimentação em altura.

O grau de automação de um armazém relaciona-se com o sistema de armazenamento instalado, podendo ser classificados em manuais ou automáticos. Os armazéns manuais utilizam *racks* como sistemas de armazenamento.

No *rack* convencional há armazenamento de produtos paletizados com uma grande variedade de referências, havendo um acesso direto e unitário a todos os produtos.

No *rack drive-in* e *drive-through*, ocorre a armazenamento de produtos paletizados com rotação baixa e com grande quantidade de paletes por referência. Este sistema permite um número de referências semelhante ao número de corredores de carga que existam, permite a máxima utilização do espaço disponível, em superfície e em altura. No *drive-in* há um único corredor de acesso à carga, enquanto que no *drive-through*, existem dois acessos à carga, um de cada lado da estante [21].

O *rack cantilever* é ideal para cargas com volume elevado e com maior dimensão, com geometrias mais difíceis de armazenar.

No *rack gravitacional*, as estantes são constituídas por uma plataforma de roletas com ligeira inclinação, permitindo o deslizamento das paletes pela ação da gravidade e a uma velocidade controlada até o outro extremo [21].

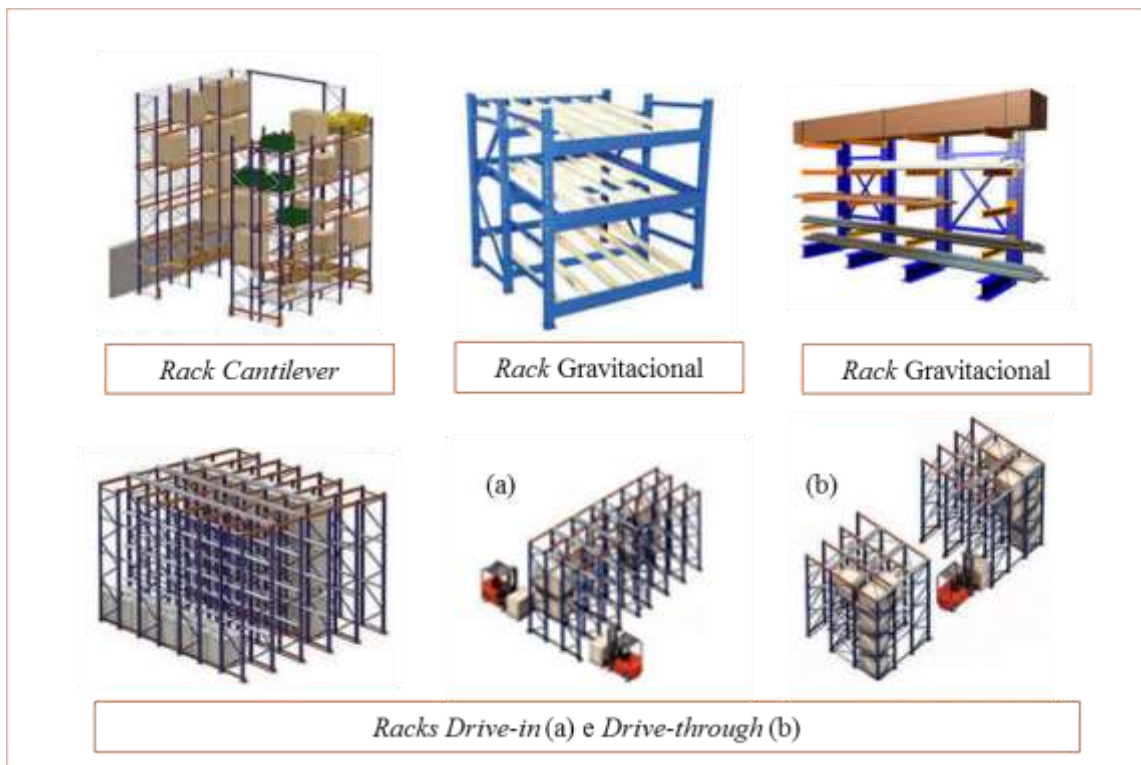


Figura 22 – Exemplos de *racks* de armazenamento [21]

O equipamento móvel existente num armazém tem como objetivo movimentar os produtos dentro das instalações e ao ar livre, reduzindo a força de trabalho humana e o tempo gasto no manuseamento, processamento e movimento de materiais.

Alguns veículos são acionados manualmente, como os carrinhos de mão de duas rodas e os transportadores hidráulicos de paletes. Outros são motorizados, como a empilhadora, por exemplo.

Existem dois tipos de movimentação de paletes: horizontal e vertical. Na movimentação horizontal utiliza-se os porta paletes manuais, porta paletes elétricos e tratores de reboque, representados na Figura 23 [39].



Figura 23 – Exemplos de equipamentos de movimentação horizontal [40] [41] [42]

Os porta paletes manuais funcionam a partir de uma bomba hidráulica que permite ao operador levantar a paleta à altura necessária. Podem também ser úteis para movimentar paletes no nível mais baixo dos *racks*. Os porta paletes elétricos funcionam com uma bateria e são mais rápidos, têm uma capacidade de elevação capaz de fazer cargas e descargas de caminhões, *picking* e transferência de paletes entre vários locais. Os tratores de reboque são utilizados nos casos em que as distâncias entre os locais em que os produtos precisam de ser transportados são grandes e também quando é preciso movimentar um elevado número de paletes ao mesmo tempo [43].

Na movimentação vertical de paletes existem diversos tipos de equipamento, ou seja, vários tipos de empilhadores. Como por exemplo, o empilhador contrabalançado, empilhador retrátil, entre outros. Muitas vezes estes equipamentos são utilizados também para a movimentação horizontal [39].



Figura 24 – Exemplo de equipamento de movimentação vertical (empilhador) [44]

## **2.5. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO NA LOGÍSTICA**

Os administradores de empresas encontram diariamente desafios de gestão, tais como: disponibilizar novos produtos com base nas necessidades de um cliente específico, ter as informações necessárias para delinear metas de vendas, efetuar a compra de matéria prima, fechar uma venda para o exterior através da internet e verificar o retorno financeiro. Em consequência do aumento do volume de dados e informação, existe a necessidade de se utilizar sistemas de informação para gerir e transformar os dados em informação útil para a empresa [45].

Atualmente está presente uma era tecnológica de rede e comunicação online, que permite comunicar e trocar informações em qualquer local do mundo através das TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação). Estas tecnologias podem ser aplicadas à logística, que incidem em: computador, comunicação, *software* e mecanismos de *input/output*, desempenhando um papel bastante importante nas organizações [3].

### **2.5.1. ENTERPRISE RESOURCE PLANNING (ERP)**

Um sistema ERP caracteriza-se por um *software* que permite planear os recursos da empresa e auxiliar na gestão integrada dos vários processos dos diferentes departamentos e áreas funcionais de uma empresa [3].

Pode ser definido como um sistema de informação integrado adquirido na forma de um pacote de *software* comercial, com o objetivo de dar suporte à maioria das operações de uma

empresa. Normalmente divide-se em módulos que comunicam e atualizam uma mesma base de dados central, de forma a que as informações inseridas num módulo sejam disponibilizadas para os outros módulos que necessitem delas [46].

Este sistema disponibiliza informação sobre a globalidade das atividades de uma organização, permitindo tomadas de decisão adequadas e atempadas, superando algumas limitações das aplicações tradicionais. Tem como principal objetivo a eliminação da repetição de operações, cargas administrativas e burocráticas, através da automatização de processos [47].

A característica fundamental de um ERP é a sua flexibilidade, dada a possibilidade de adicionar e/ou subtrair módulos para diversas necessidades. Um sistema ERP consegue adaptar-se facilmente às mudanças de uma determinada atividade, auxiliando as organizações a otimizar os seus recursos, a definir e orientar processos e a ganhar controlo sobre todas as atividades em execução [3].

Um sistema ERP apresenta algumas vantagens e desvantagens na sua utilização, como se pode confirmar na Tabela 5.

Tabela 5 – Vantagens e desvantagens de um sistema ERP [3]

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Integração num único sistema da informação diversas áreas funcionais possibilitando realizar diferentes atividades em simultâneo;</li> <li>✓ Redução de erros;</li> <li>✓ Integração da informação numa única plataforma;</li> <li>✓ Otimização do excesso de dados dentro da empresa;</li> <li>✓ Facilidade na partilha de informação;</li> <li>✓ Aumento da produtividade e redução de custos em relação aos recursos humanos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Dificuldade na implementação;</li> <li>✗ Obrigação das empresas a longos períodos de adaptação, testes e controlo;</li> <li>✗ Grande investimento em <i>software</i> e <i>hardware</i>, incluindo custos na sua implementação, manutenção e formações.</li> </ul>

Em suma, os sistemas ERP possuem diversas vantagens, mas também algumas desvantagens. Deste modo, torna-se necessário pesar o que se vai ganhar em contrapartida com aquilo que se vai perder, assim como os seus custos. Com a utilização destes sistemas é possível tomar uma decisão ponderada e racional, sendo que, na maioria das empresas a sua adoção torna-se indispensável à gestão [48].

### **2.5.2. WAREHOUSE MANAGEMENT SYSTEM (WMS)**

A gestão de armazéns torna-se complexa devido à quantidade e diversidade de artigos existentes em armazém, assim como à complexidade dos processos envolvidos. Com o objetivo de melhorar a gestão dos recursos de armazenamento e controlo das operações, utiliza-se um WMS [25].

O WMS é uma ferramenta fundamental na gestão logística, que consiste num sistema de apoio à gestão dos processos de armazenamento que permite à empresa gerir os seus recursos de armazém e controlar as operações. Este sistema fornece diversas informações, tais como a rotação do inventário, instruções de *picking*. Proporciona a maximização do uso do espaço de armazém, reduz os custos totais de um armazém e melhora os seus processos. Pode ser um sistema autónomo ou um módulo de um sistema ERP [3].

A finalidade do WMS num armazém é controlar os seus movimentos de forma rápida e eficiente, desde a receção à expedição. Existem três tipos de WMS: básico, avançado e complexo.

O tipo básico é capaz de dar suporte técnico e controlar a localização de material em *stock*. Foca-se no rendimento do armazém e é utilizado essencialmente para registar informações simples, mas também para gerar instruções de armazenamento e *picking*.

O tipo avançado tem a capacidade de planear atividades e recursos para coordenar o fluxo de materiais em armazém. Foca-se no rendimento, no *stock* e na análise de capacidade de um armazém.

O tipo complexo possibilita a otimização de um ou vários armazéns. Disponibiliza a informação de cada produto e inclui o seu planeamento, execução e controlo. Indica a

localização e o trajeto do produto em armazém, o seu destino final e informação extra sobre o planeamento logístico e transporte, permitindo otimizar as operações do armazém como um todo [25].

O WMS é um sistema flexível, sendo uma vantagem para os armazéns que processam grandes quantidades de encomendas e que trabalham com uma vasta gama de artigos. Com um sistema manual de gestão de armazéns, torna-se complicado atualizar diariamente as operações realizadas, o nível de *stock* e a localização de cada artigo. Deste modo, torna-se bastante vantajosa a utilização de um WMS. Na Tabela 6 são apresentadas algumas vantagens e desvantagens deste sistema [3].

Tabela 6 – Vantagens e desvantagens de um WMS [3]

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Comunicação integrada com o sistema central (ERP);</li> <li>✓ Disponibilidade da informação em tempo real;</li> <li>✓ Redução de erros nos processos de armazenamento;</li> <li>✓ Redução dos custos de mão de obra, no caso se a mão de obra utilizada para manter o sistema for menor que a utilizada nas operações realizadas em armazém;</li> <li>✓ Aumento da capacidade de atendimento ao cliente, devido à redução dos tempos de ciclo e à redução de erros;</li> <li>✓ Redução de artigos em <i>stock</i> e racionalização dos espaços e equipamentos de armazenamento, aumentando assim, a capacidade de armazenamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✗ Custos no investimento em equipamentos de <i>hardware</i> e <i>software</i>;</li> <li>✗ Necessidade de uma monitorização para verificar as condições do equipamento, a qualidade da leitura e impressão dos códigos de barras;</li> <li>✗ Duração de vários meses da sua implementação;</li> <li>✗ Necessidade de preparação por parte da empresa para alterar os processos e o sistema de armazenamento.</li> </ul>

Na Figura 25, estão resumidos os principais benefícios de um sistema WMS.

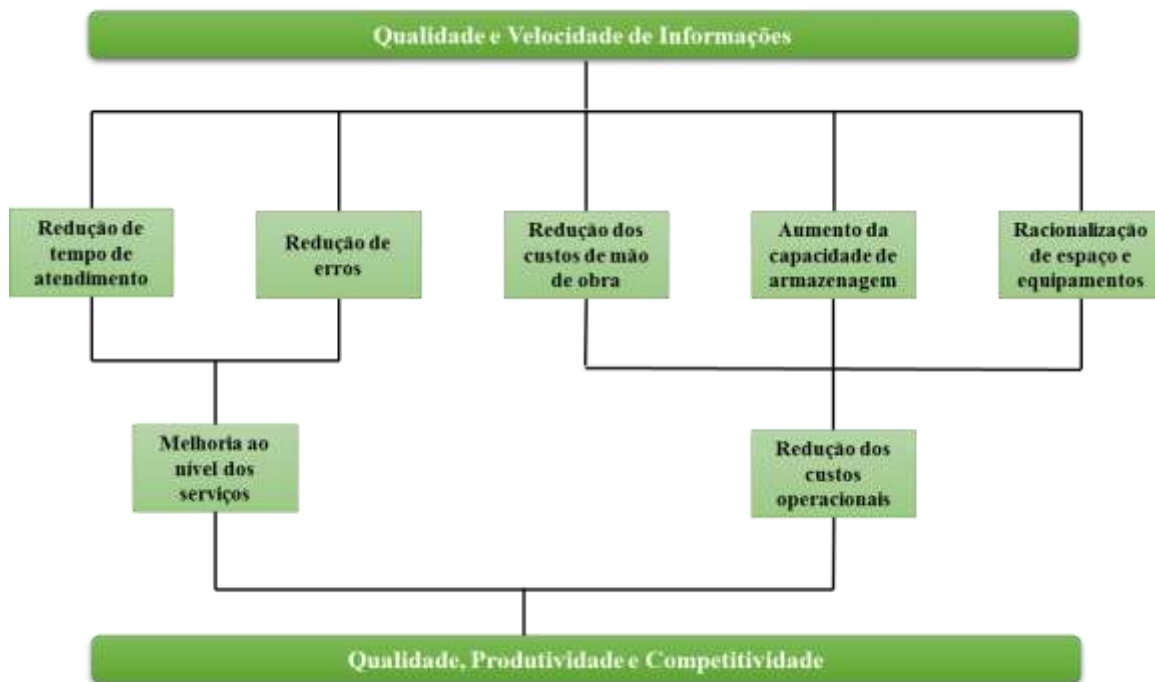


Figura 25 – Benefícios de um WMS [25] (Adaptado)

## 2.6. KEY PERFORMANCE INDICATORS (KPI)

Hoje em dia há a necessidade de as empresas se tornarem mais flexíveis de modo a se adaptarem a alterações que possam ocorrer no mercado. Devem ser analisadas as tendências a fim de se antecipar determinados acontecimentos, para se encontrar a melhor solução a implementar. As organizações devem analisar os seus dados históricos de modo a melhorarem a gestão dos seus departamentos e a prever alterações que possam acontecer por parte dos seus clientes e no mercado. No armazém podem ser analisados alguns indicadores importantes para melhorar o desempenho de uma organização [49]:

- Tempos de processos realizados no armazém, para normalizar os métodos de realização dos processos e aumentar a velocidade de execução dos mesmos;
- Atrasos na receção e expedição de encomendas, relacionando-se com os tempos dos processos, dado que ao analisar este acontecimento pretende-se melhorar os tempos destes dois processos, satisfazendo as necessidades do cliente;

- Atrasos nas entregas de encomendas ao cliente;
- Desperdícios de material, com o objetivo de diminuir esses desperdícios e os custos associados;
- Ruturas de *stock*, que podem ter consequências na entrega de produtos ao cliente;
- Número de artigos incorretos.

Os *Key Performance Indicators* (KPI) representam os objetivos a serem atingidos por uma organização e podem ser definidos pelos autores em torno de cada situação.

Nos armazéns, os KPI avaliam o desempenho de fatores essenciais para a avaliação das suas principais funções, tais como, o serviço ao cliente, a distribuição e o armazenamento. Estes indicadores abordam diversas temáticas, como os tempos, eficiência do trabalho manual e dos equipamentos e qualidade do sistema [15].

De modo a ser possível avaliar as operações no armazém, pode ser realizada uma análise de fatores básicos internos e externos à armazenagem, Tabela 7.

Tabela 7 – Análise de fatores da armazenagem [50]

Fatores	Descrição
<b>Serviço ao consumidor</b>	Aceitação da empresa por uma alta percentagem de clientes importantes, medições de ciclos de encomenda-expedição.
<b>Sistemas de controlo</b>	Quantidade de documentos utilizados na conservação da integridade dos dados, eficiência dos sistemas de computação e controlo.
<b>Exatidão do inventário</b>	O abastecimento correto por parte dos fornecedores, o serviço ao consumidor, as operações intermédias e a integridade do sistema dependem da disponibilidade e precisão do inventário.
<b>Utilização do espaço</b>	Estimativa total do armazém calculando o total de cada área funcional e a sua utilização. Comparação deste cálculo com a capacidade máxima, de forma a determinar a utilização operacional do armazém.

<b>Produtividade do trabalho</b>	Medição do trabalho efetivo relativo aos processos estabelecidos e padrão.
<b>Layout das instalações</b>	Baseia-se na utilização do espaço, o manuseamento do material e o custo de armazenamento.
<b>Equipamentos</b>	Adequação dos diferentes equipamentos a cada operação e a sua utilização eficiente nas instalações.
<b>Instalações</b>	Localização, disponibilidade, iluminação, serviços para o pessoal laboral, proteção contra incêndios, entre outros.
<b>Limpeza e segurança</b>	Avaliação em relação a <i>standards de performance</i> operacionais, industriais e governamentais.

## 2.7. METODOLOGIAS *LEAN* NA GESTÃO DE ARMAZÉM

A filosofia *Lean* é uma abordagem inovadora de gestão cujos princípios assentam na redução de desperdícios e na melhoria contínua das organizações, tendo sido criadas para o efeito variadas ferramentas.

O *Lean* rejeita qualquer ação que não aumente valor para o cliente, buscando a perfeição e eliminando todo o desperdício que possa ocorrer nos processos de produção. Esta nova abordagem de gestão permite motivar a força de trabalho, incentiva o redesenho de processos e promove a mudança, orientando a gestão operacional para a melhoria contínua [51].

### 2.7.1. METODOLOGIA 5S

A metodologia 5S surgiu no Japão, em meados dos anos 50. Trata-se de uma técnica de melhoria contínua e envolve todos os membros de uma organização, que promovem o fluxo de materiais e otimizam as condições de trabalho e segurança. Esta ferramenta pode ser vista como uma mudança de comportamentos que devem abranger toda a empresa, começando pela administração, que terá de servir de exemplo a todos os restantes colaboradores [52].

O objetivo principal é a manutenção da ordem do local de trabalho, para que este permaneça organizado, com aspetos padronizados e com disciplina, para se atingir o melhor desempenho nas atividades de cada um. Assim, consegue-se melhorar a qualidade dos produtos, do atendimento ao cliente e das condições de trabalho dos colaboradores. Aumenta-se o aproveitamento dos recursos e reduzem-se os desperdícios, otimizando o espaço e prevenindo acidentes [52].

A metodologia 5S é composta por cinco etapas que derivam de 5 palavras japonesas, Figura 26.



Figura 26 – Etapas da metodologia 5S

#### 2.7.1.1. SEPARAR (SEIRI)

Começa-se por definir o material indispensável para o posto de trabalho em estudo e descartar todo o material supérfluo. Todos os colaboradores devem ser capazes de distinguir o que é útil do que é inútil [52].

É necessário separar e classificar os materiais:

- Os materiais usados quase sempre devem estar próximos do local de trabalho;

- Os materiais usados ocasionalmente devem estar um pouco afastados do local de trabalho;
- Os materiais usados raramente devem estar separados num local determinado;
- Os materiais desnecessários devem ser eliminados.

A separação dos materiais apresenta como vantagens:

- Redução dos custos com espaço, *stock*, armazenamento e transporte;
- Facilidade do transporte interno e do controlo da produção;
- Diminuição dos danos de produtos armazenados;
- Aumento da produtividade das máquinas e pessoas;
- Aumento da noção de organização e da facilidade de operação e diminuição do cansaço físico.

#### **2.7.1.2. ORGANIZAR (*SEITON*)**

Identificam-se os componentes necessários para o local de trabalho e define-se um local para cada material, de forma a que os trabalhadores saibam onde procurar cada produto. É necessário padronizar as nomenclaturas, utilizar rótulos e cores para identificar objetos segundo um padrão, determinar um local de armazenamento para cada componente e expor os materiais críticos, como extintores de incêndio. Deve-se ainda evitar deixar objetos no meio do caminho para não haver dificuldades na movimentação [52].

Esta fase tem algumas vantagens:

- Diminuição do tempo de procura dos produtos;
- Aumento da necessidade de controlo de *stocks* e de produção;
- Maior facilidade no transporte interno;

- Diminuição da compra de componentes desnecessários;
- Diminuição dos danos dos produtos armazenados;
- Aumento da facilidade na limpeza do local de trabalho.

### **2.7.1.3. LIMPAR (*SEISO*)**

Realiza-se a limpeza do local de trabalho, com a finalidade de o tornar num sítio mais agradável. Um local limpo proporciona uma maior qualidade e segurança. Para isso, cada colaborador deve limpar os equipamentos após serem usados, eliminar as causas de sujidade desnecessária, manter as ferramentas sempre nas melhores condições de uso possíveis, encaminhar o lixo para os locais apropriados. Devem ainda ser definidos responsáveis para cada área e sua respetiva função [52].

### **2.7.1.4. NORMALIZAR (*SEIKETSU*)**

Define-se uma norma para todo o local, mantendo o ambiente de trabalho sempre favorável à saúde e higiene [53].

Os trabalhadores devem ter consciência da importância de um ambiente limpo e devem adotar medidas, como por exemplo, garantir que as etapas descritas anteriormente estão implementadas e eliminar as condições de trabalho inseguras. Nesta fase deve-se colocar avisos e instruções para evitar erros nas operações de trabalho, sendo que devem ser vistos à distância e estar destacados e acessíveis a todos os colaboradores [52].

Esta fase apresenta vários benefícios:

- Melhor segurança e desempenho dos funcionários;
- Prevenção de danos na saúde dos que convivem no ambiente;
- Melhor imagem da empresa;

- Aumento do nível de satisfação e motivação dos operadores com o trabalho que realizam.

#### **2.7.1.5. DISCIPLINAR (*SHITSUKE*)**

Efetua-se uma revisão de todas as etapas anteriores, de forma rotineira. Ou seja, tornar os 5S's um hábito. Nesta etapa devem ser tomadas algumas atitudes importantes, tais como, usar a criatividade no trabalho, melhorar a comunicação entre os operários, consciencializar os trabalhadores para os 5S's e avaliar o progresso dos 5S's periodicamente [53].

A implementação do programa traz diversas vantagens:

- Redução da necessidade constante de controlo;
- Facilidade na execução de qualquer tarefa;
- Diminuição de perdas derivadas do trabalho, tempo e equipamentos;
- Previsões do resultado final de qualquer operação.

# 3. CASO DE ESTUDO

## 3.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A empresa Marsil foi fundada em 1953 por Joaquim António Moreira, na baixa do Porto. Neste ano, foram então adquiridas máquinas e o alvará de tipografia a Maria Mesquita Silveira, que mais tarde originou o nome de Marsil. No ano de 1979, foi constituída a sociedade atual, denominando-se de Joaquim António Moreira & Filhos, Lda. Até a esta altura a Marsil era apenas uma marca [54].

Na década de 80, a empresa passou a ter também uma delegação em Lisboa, para que fosse possível prestar o acompanhamento necessário aos clientes. Fez-se o primeiro exercício de segmentação e começou-se a enfatizar o cliente institucional.

Em 1994 foram inauguradas as instalações da atual sede, que se situa na Maia. Começaram a ser realizados trabalhos de personalização e endereçamento de documentos. Nesta altura o segmento de clientes “Banca e Seguros” representava já 50% do volume de vendas.

Em 2006, a Marsil começou uma nova área de negócio, que se baseia na incorporação de serviços de valor acrescentado ao produto gráfico, a Gestão do Economato e Logística, com a gestão de *stock* de material gráfico, entregando na quantidade, prazos requeridos e nos locais indicados pelos clientes.

No ano de 2008, foram inauguradas novas instalações em Mosteiró. Este espaço possuía um conjunto de impressoras rotativas e de alcear, constituindo assim, um segundo polo produtivo. Neste ano a empresa passou a designar-se por “Marsil – Artes Gráficas, Lda.” [54].

De 2010 até à época atual está em desenvolvimento um novo exercício de segmentação de clientes e exploração de novos mercados, permitindo à empresa ser distinguida com alguns prémios na área das artes gráficas.

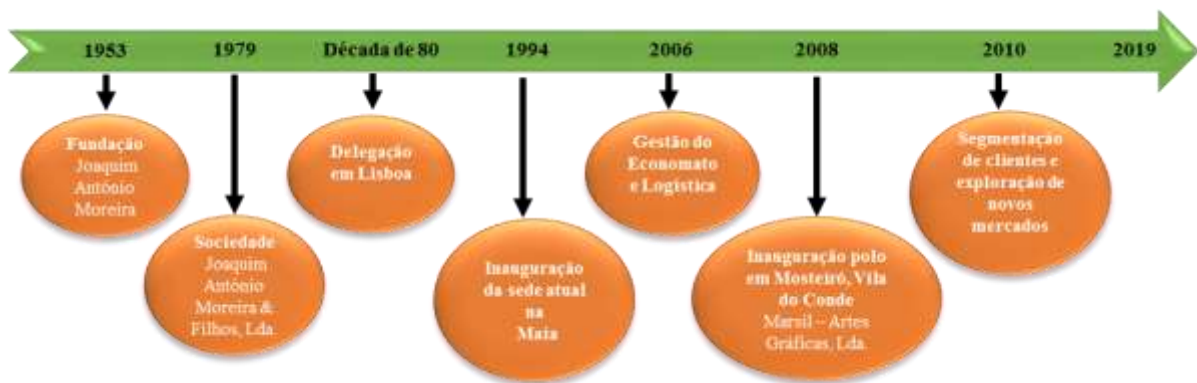


Figura 27 – Marcos históricos mais importantes da empresa Marsil

Neste momento, a Marsil possui duas unidades de produção, uma na Maia, que é a sede da empresa, e outra em Vila do Conde (Mosteiró). Tem ainda um escritório em Lisboa, onde é desenvolvido trabalho comercial e de acompanhamento ao cliente [55].



Figura 29 – Sede da Marsil na Maia [54]

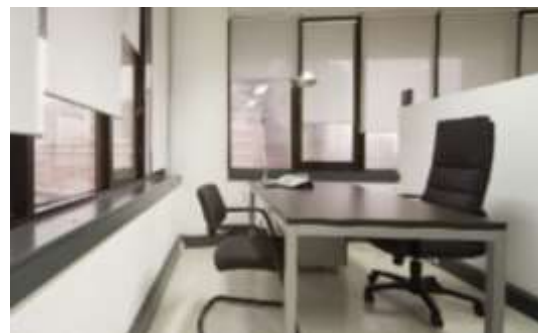


Figura 28 – Escritório da Marsil em Lisboa [54]

No polo de Vila do Conde existem três linhas de produção e uma máquina para acabamentos específicos. Neste local, o tipo de produção caracteriza-se por grandes tiragens e reduzida complexidade dos produtos [55].



Figura 30 – Polo de produção da Marsil em Vila do Conde [55]

A elaboração deste estudo efetuou-se sede da empresa, na Maia. Neste local existem dezanove corpos de impressão *offset*, três equipamentos de impressão digital e equipamentos de acabamento. Possui uma grande diversidade de equipamentos que se traduz na polivalência do portefólio da empresa. Este polo tem ainda um serviço de armazenamento, *picking* e *packing* do produto final do cliente.

Atualmente, a Marsil detém vários clientes ativos, entre os quais clientes de elevado prestígio, tais como, instituições bancárias, seguradoras e hospitais. Apresenta ainda vários locais de distribuição em diferentes países, identificados na Figura 30.



Figura 31 – Locais de distribuição da Marsil [54]

A empresa disponibiliza vários serviços, tais como [54]:

- **Pré-Impressão** – Impressão de provas de cor. A secção da montagem dispõe de programas para fazer a ripagem e gerir o fluxo de trabalho.
- **Impressão Offset** – A instalação fabril da Maia possui dezassete corpos de impressão *offset* folha-a-folha.
- **Impressão Rotativa** – As máquinas rotativas encontram-se na fábrica de Mosteiró, constituindo quinze corpos de impressão em *offset* rotativa. Estas máquinas imprimem em retro verso e têm uma linha de acabamento de corte/aparado, picotado e colado.
- **Acabamento** – Concentra-se maioritariamente na fábrica da Maia. Dispõem de cinco guilhotinas, duas máquinas de alcear com acabamento de revista, uma máquina de alcear em contínuo, uma máquina de dobrar e duas impressoras de dados variáveis. São efetuados os mais diversos tipos de acabamentos manuais.
- **Impressão Digital** – Apresenta soluções de pequeno e grande formato em impressão digital, em vários suportes de comunicação: brochura, *flyer*, estacionário, etc.
- **Gestão de Economato** – Através do “*Picking & Packing*”, tratamento e expedição diária de todas as encomendas, nos estabelecimentos dos clientes e nos prazos acordados.

A Marsil necessita de uma estrutura organizacional muito bem definida, para que consiga exercer as suas funções. Esta estrutura passa pelas ideias e valores associados à empresa e relaciona-se também com a hierarquia dos seus elementos.

No organograma da Figura 32, são apresentados os vários departamentos da Marsil.

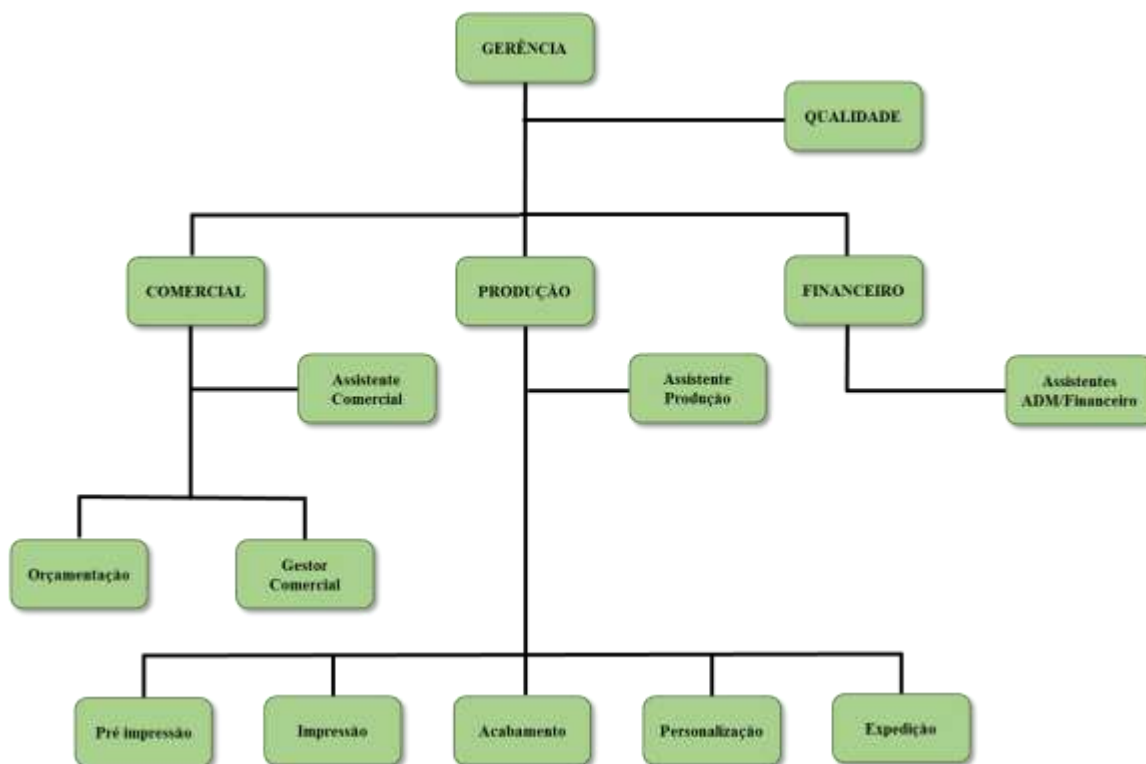


Figura 32 – Organograma da Marsil

## 3.2. CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DE PROBLEMAS

### 3.2.1. ANÁLISE DE PROBLEMAS

No início deste trabalho a empresa Marsil tinha em desenvolvimento um projeto de reorganização do seu sistema logístico. Encontrava-se a trabalhar na organização das matérias primas e criação de localizações, que estavam a ser introduzidas no sistema ERP da empresa. Houve uma pequena participação neste trabalho, porém, o foco deste estudo foi a organização dos armazéns de produto acabado.

A Marsil possuía um espaço destinado a ser um novo armazém de produto acabado. Havia a necessidade de criar o *layout* do novo armazém, assim como, a aquisição de *racks* e outros equipamentos necessários ao funcionamento do armazém.

Na Figura 33 podemos observar o novo espaço de armazém da empresa Marsil.



Figura 33 – Novo espaço de armazém

Para além deste novo espaço, a empresa tinha já um armazém em funcionamento. Foi proposta a análise do armazém já existente, com vista à deteção de erros, problemas e situações que pudessem ser otimizadas.

Inicialmente foram analisados os processos de armazenamento, cujo objetivo era entender os métodos de trabalho e detetar algumas oportunidades de melhoria.

O armazém encontrava-se desorganizado e sem normas de arrumação. Existiam artigos armazenados nos corredores, ocupando parte do espaço disponível para a passagem do operador e de equipamentos de movimentação, Figura 34.



Figura 34 – Corredores do armazém de produto acabado

Para o transporte dos itens desde o local de receção ou expedição e para a recolha dos artigos, são utilizados equipamentos de movimentação: o porta paletes e o carrinho, Figura 35.



Figura 35 – Equipamentos de movimentação do armazém

Relativamente à localização dos artigos nas estantes, uma grande parte destes encontravam-se agrupados de acordo com o cliente a que pertenciam, sendo que as estantes se encontravam identificadas com o nome de cada cliente. Em algumas estantes, os artigos encontravam-se identificados através de uma etiqueta com o número do modelo do artigo. Contudo, esta identificação não existia para todos os artigos e alguns produtos estavam misturados. Não havia um método para a identificação das localizações dos artigos, nem um critério para a sua arrumação nos *racks*, sendo estes dispostos aleatoriamente. Existiam ainda algumas etiquetas com a identificação do número do modelo de artigos obsoletos e que já não existiam armazenados em *stock*.



Figura 36 – Exemplo de identificação existente de um cliente e de um artigo no armazém

Uma parte dos artigos referentes aos clientes que realizavam encomendas diariamente, ou com uma elevada frequência, encontravam-se mais perto da área onde se realizava o *picking*. Porém, este critério de organização não se verificava para todos os clientes, sendo que, em alguns casos, nem todos os artigos referentes a um mesmo cliente se encontravam próximos.

### 3.2.1.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE *PICKING*

No armazém de produto acabado trabalham dois operadores, sendo que os dois realizam a atividade de *picking* diariamente. Ambos realizam a preparação de encomendas, apesar de desempenharem também outras tarefas fora do armazém. Como se trata de uma PME (Pequena/Média Empresa) é habitual existirem colaboradores que desempenham diversas funções.

Por vezes, um dos operadores precisa de interromper o seu trabalho no armazém para realizar transporte de alguns produtos. Esta tarefa com que o operador de armazém se ocupa leva a que, frequentemente, este se ausente do armazém. Nestas situações ocorre a paragem na preparação de encomendas, ou então, a substituição por parte do outro operador. Todavia, o outro operador nem sempre está disponível para substituir o seu colega e, por vezes, há uma

paragem no trabalho do armazém. Estas interrupções levam à ocorrência de perdas de tempo na atividade de *picking*. Este é um problema que necessita de intervenção.

Na Figura 37 é apresentado o local onde é realizado o *picking*. Esta zona é constituída por duas mesas de *picking*, um computador, uma impressora e uma balança.



Figura 37 – Zona de *picking*

O processo de preparação de encomendas engloba diversas etapas. Inicialmente, são recebidas as encomendas dos clientes por via eletrónica, sendo que as encomendas recebidas num determinado dia são tratadas no dia seguinte. Depois são impressas as guias de transporte e rótulos, que são analisados, procedendo-se à identificação do artigo a recolher e da quantidade necessária. É recolhida a quantidade pedida e regista-se manualmente, numa folha que se encontra em cima de cada tipo de artigo na estante, a quantidade que fica em *stock* de cada artigo. Estes artigos são retirados dos *racks* e efetua-se o seu embalamento e preparação para a expedição.

Na Figura 38 é apresentado um fluxograma representativo das várias etapas do processo de *picking* observadas no armazém.

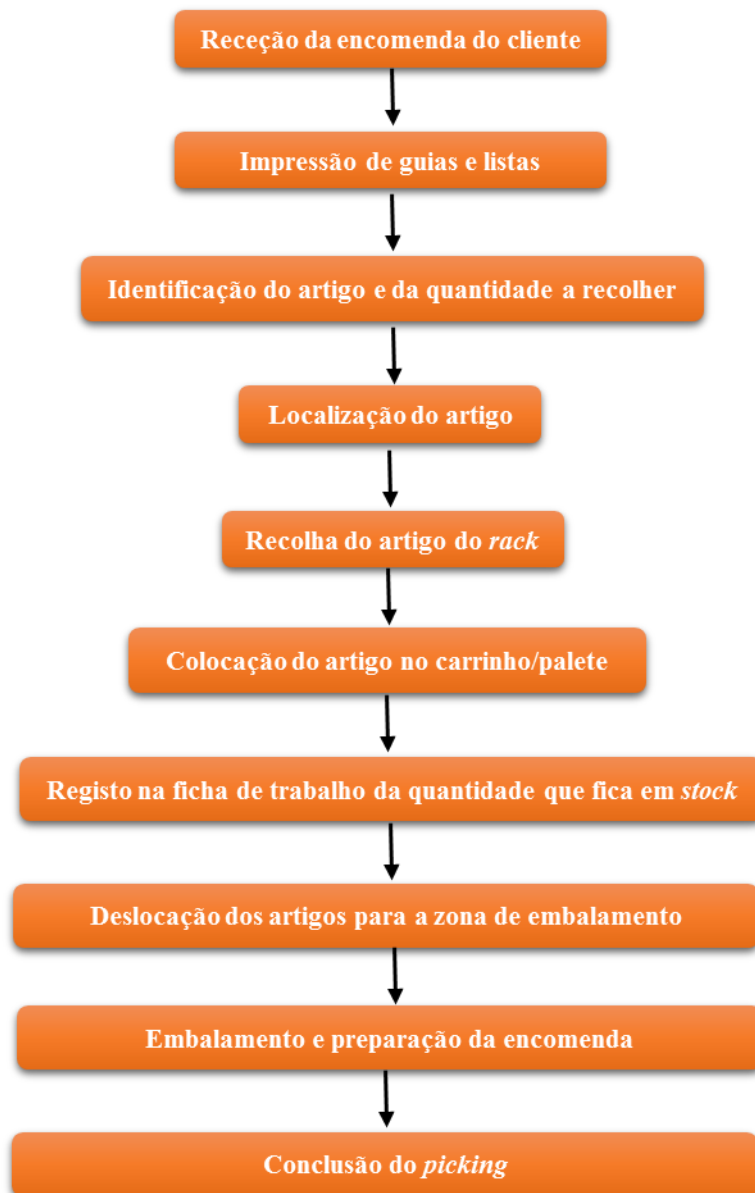


Figura 38 – Etapas do processo de *picking*

Na receção de encomendas dos clientes e impressão de guias é utilizado um sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*), o *software* PHC. Este *software* permite gerir as necessidades de distribuição da organização, englobando a cadeia de abastecimento de controlo de fornecedores e a gestão de *stocks* e armazéns. O PHC é principalmente indicado para pequenas empresas ou ainda empresários em nome individual, e distingue-se pelo facto de funcionar exclusivamente via *web*, não sendo necessário nenhum suporte local, apenas um *browser* para aceder ao sistema.

### 3.2.2. QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO

Após a realização de uma revisão da literatura e feito um enquadramento teórico com base em vários autores na área da gestão do armazenamento, gestão de *stocks* e metodologias *Lean*, foram levantadas algumas questões de investigação, tendo em conta o projeto apresentado pela empresa:

Q1: Qual o método de armazenamento mais adequado aos armazéns de produto acabado da empresa?

Q2: Qual o método de *picking* que deve ser utilizado, de modo a otimizar esse processo?

Q3: Com a realização da análise ABC baseada na quantidade de saída de produtos é possível otimizar os processos de armazenamento e conseguir uma melhor arrumação dos produtos em armazém?

Q4: A utilização de placas de identificação de *racks* permite otimizar o processo de *picking*?

Q5: Que estratégias e comportamentos podem ser adotados para a otimização do armazém de produto acabado?

Com o objetivo de obter respostas a estas questões, foram analisados diversos métodos descritos no capítulo seguinte.

### 3.2.3. MÉTODOS UTILIZADOS

#### 3.2.3.1. LAYOUT DO NOVO ARMAZÉM

O espaço disponível para a criação de um novo armazém localiza-se no 1º andar da empresa, onde o acesso se efetua por escadas ou elevador. Este espaço possui alguns obstáculos, como pilares e um piso mais elevado numa zona do armazém. Foi necessário ter em conta esses mesmos obstáculos na decisão do *layout* a implementar. No espaço de armazém já existia um gabinete que se destina ao operador de armazém.

Para a criação e dimensionamento do *layout* do novo armazém, inicialmente, foram retiradas todas as medidas das dimensões do espaço. Efetuados os cálculos, verificou-se que o espaço para o novo armazém possui uma área de aproximadamente 350m<sup>2</sup>.

Na Figura 39, podemos observar a planta do espaço de armazém com as respetivas dimensões, utilizando o *software Autocad*. Este programa é um *software CAD (Computer Aided Design)*, que permite a elaboração de desenhos técnicos a duas dimensões e também a criação de modelos tridimensionais. As medidas apresentadas na figura encontram-se em centímetros.

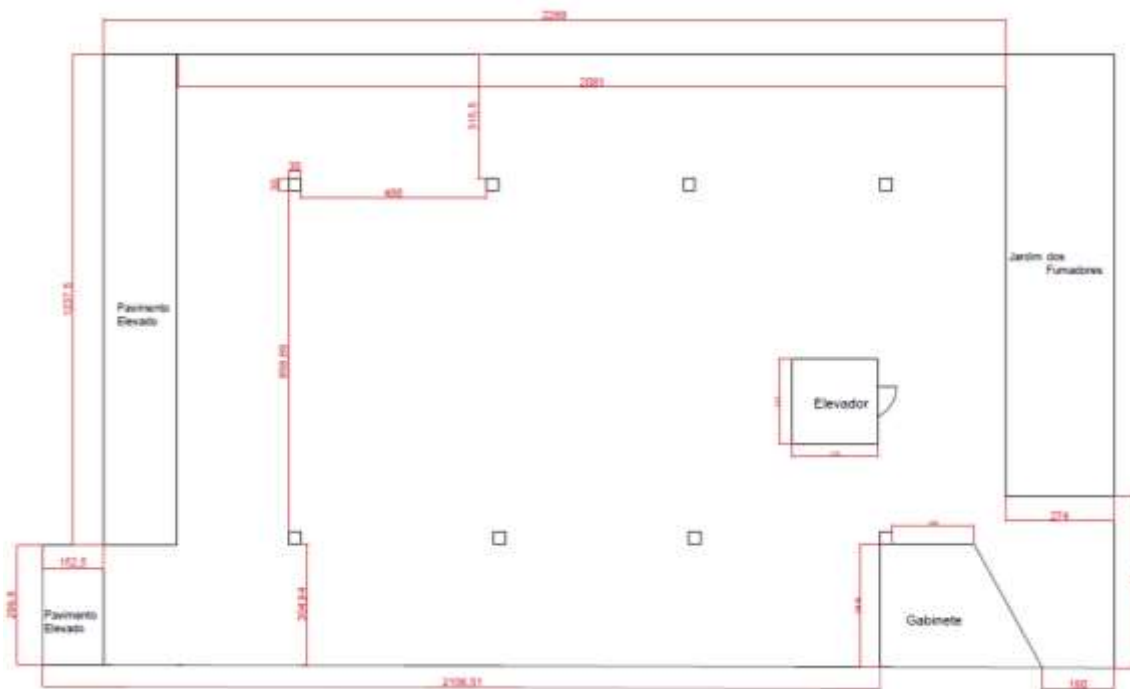


Figura 39 – Planta do novo espaço de armazém

A planta foi analisada e pensou-se na organização do espaço, tendo em conta diversos aspetos, tais como: tipo e quantidade de *racks*, dimensões dos *racks*, disposição dos mesmos, possíveis zonas de receção e expedição, aproveitamento máximo do espaço e aproveitamento da luz natural exterior.

Realizou-se uma reunião com um fornecedor de *racks*, onde foram discutidas as opiniões acerca do melhor *layout* para o espaço. Após essa reunião, foi enviada pela empresa fornecedora uma planta otimizada do armazém para aprovação. Analisou-se a proposta e foram realizadas algumas alterações, de modo que fosse possível aproveitar de uma forma mais eficiente o espaço disponível, e por fim, chegou-se a uma decisão final sobre o *layout* a implementar no armazém.

Na Figura 40, podemos observar o desenho do *layout* do novo armazém, utilizando o *software Autocad*. As medidas indicadas encontram-se em centímetros.



Figura 40 – Layout do novo armazém

O novo armazém seria então constituído por dez filas de *racks*, sendo que três das filas possuem 6 colunas e as restantes 5 colunas. Os corredores entre as filas de estantes possuem 1,505m e 1,296m de distância. As filas que se encontram mais próximas estão separadas apenas por 0,40m. Os *racks* possuem três níveis cada um e possuem 2m de altura total. Têm um comprimento máximo de 2,70m e 1,80m.

A Figura 41, apresenta um esquema representativo de um *rack* com 2,70m de comprimento.



Figura 41 – Esquema representativo de um *rack*

Antes da decisão final foram ainda requeridas algumas propostas de orçamento a outras empresas fornecedoras para uma comparação. Contudo, após uma análise das diversas propostas, decidiu-se optar pela referida anteriormente.



Figura 42 – Racks no novo armazém

Posteriormente à adjudicação da obra com a empresa fornecedora de *racks*, foi também necessária a aquisição de chapas de distribuição de carga pontual para o suporte dos *racks*. Optou-se apenas pela colocação de chapa quinada ao longo dos apoios dos *racks*. Uma vez que os apoios das estantes tinham uma largura de cerca de 10cm, foram aplicadas chapas com uma largura de cerca de 12cm. Esta medida teve em conta o peso que irá ser suportado pelas estantes, assim como, a prevenção contra o desgaste e destruição do piso.



Figura 43 – Chapas aplicadas nos apoios dos *racks*

### 3.2.3.2. LAYOUT DO ARMAZÉM ANTIGO

O armazém existente para armazenamento do produto acabado localiza-se no piso -1, abaixo do rés do chão da sede da empresa. Neste armazém o transporte dos produtos, receção e expedição, efetua-se através de um elevador. Para que fosse possível estudar a melhor organização e distribuição de artigos nesse local, foi elaborado um desenho do *layout* do armazém usando o *software Autocad*.

Na Figura 44, é possível observar-se a disposição e quantidade de *racks* existentes no armazém, assim como a localização da zona de *picking* e das zonas de receção e expedição, feitas através do elevador.

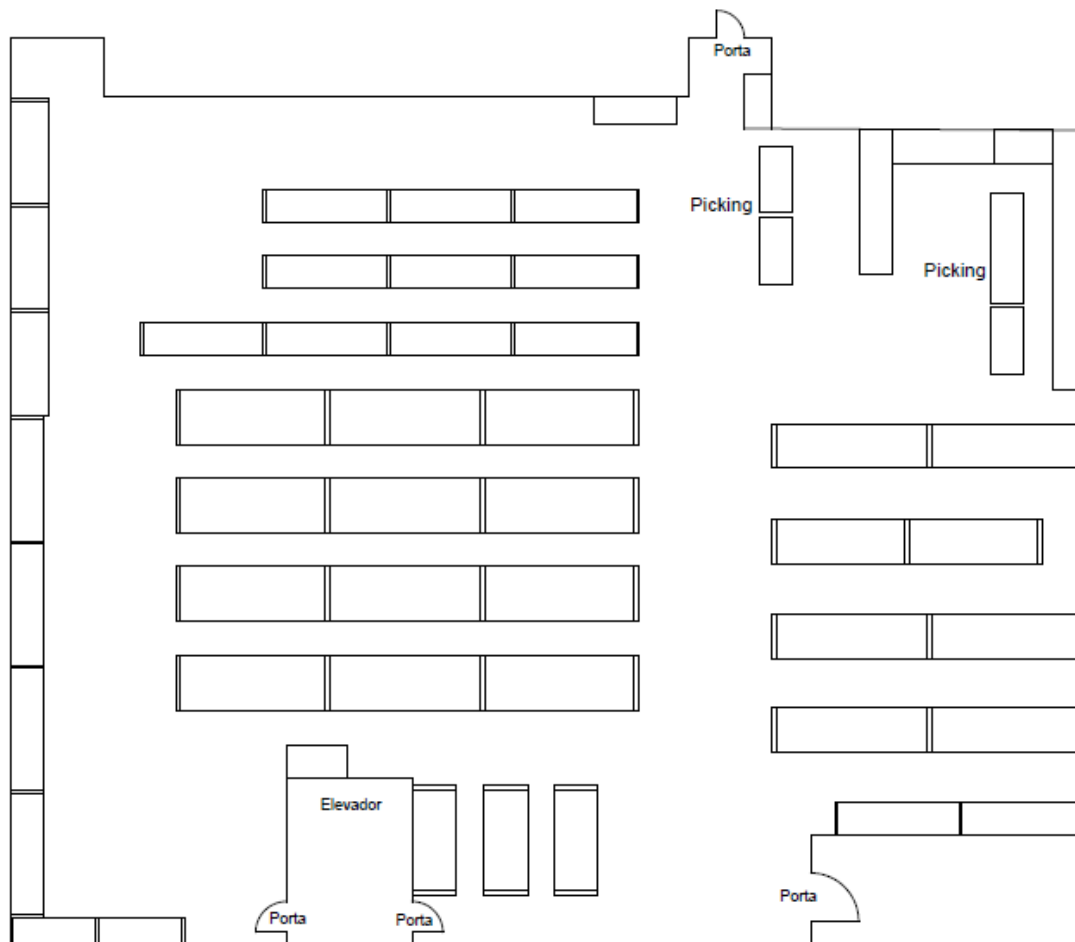


Figura 44 – *Layout* do armazém de produto acabado

### 3.2.3.3. CLASSIFICAÇÃO DE ARTIGOS DE ARMAZÉM

Foi efetuada uma análise ABC dos artigos de produto acabado, com o objetivo de conhecer os artigos com mais e menos procura no armazém. Assim, foi possível perceber quais os produtos que causam mais deslocações dos operadores no momento da sua recolha.

A análise foi feita através das encomendas dos clientes, ou seja, tendo como base as quantidades de saída dos produtos durante o ano de 2018. Estas informações foram obtidas através do programa PHC. Foi cedido um ficheiro *Excel* com dados relativos aos nomes dos clientes, números dos artigos, designações e respetivas quantidades de saída de cada um. Era essencial conhecer quais os produtos que originaram um maior número de deslocações dos operadores, pois desta forma, tornava-se possível saber qual a localização mais adequada para cada produto.

Os artigos recolhidos mais vezes, resultando num maior número de deslocações, devem encontrar-se mais perto da zona de *picking* e os que originam menos deslocações devem estar mais distanciados da zona de *picking*. Para além disso, os produtos deveriam estar juntos no armazém de acordo com o cliente a que pertencem. Assim, realizou-se a análise ABC por cliente e depois para os artigos de cada cliente.

Primeiramente, foram filtrados de entre todos os produtos com saída em 2018 os produtos dos clientes existentes em *stock* no armazém. Depois os produtos foram separados por cliente e fez-se a análise ABC dos vários clientes:

1º: Calculou-se a quantidade total de saída de artigos de cada cliente e ordenou-se os clientes por ordem decrescente de quantidade;

2º: Calculou-se a frequência relativa e a frequência acumulada das quantidades de cada cliente (em percentagem);

3º: Calculou-se a percentagem relativa de cada cliente e a percentagem acumulada de cada cliente;

4º: Classificou-se todos os clientes segundo a metodologia ABC, tendo em conta que os clientes com uma frequência acumulada de quantidade até 80% foram classificados como pertencentes à classe A, até 95% com a classe B e os restantes com a classe C.

Na Tabela 8, podemos observar os resultados da análise ABC de clientes.

Tabela 8 – Análise ABC de clientes

Cliente	Total Quantidade	Frequência Relativa (%)	Frequência Acumulada (%)	% Clientes	% Clientes Acumulada	Classificação
1	15940608	28.77%	28.77%	5.56%	5.56%	A
2	13181118	23.79%	52.55%	5.56%	11.11%	A
3	8007963	14.45%	67.01%	5.56%	16.67%	A
4	8004711	14.45%	81.45%	5.56%	22.22%	B
5	3380537	6.10%	87.55%	5.56%	27.78%	B
6	3068703	5.54%	93.09%	5.56%	33.33%	B
7	1136573	2.05%	95.14%	5.56%	38.89%	C
8	1068990	1.93%	97.07%	5.56%	44.44%	C
9	507909	0.92%	97.99%	5.56%	50.00%	C
10	303144	0.55%	98.54%	5.56%	55.56%	C
11	210003	0.38%	98.91%	5.56%	61.11%	C
12	178901	0.32%	99.24%	5.56%	66.67%	C
13	176951	0.32%	99.56%	5.56%	72.22%	C
14	115312	0.21%	99.76%	5.56%	77.78%	C
15	94930	0.17%	99.94%	5.56%	83.33%	C
16	15750	0.03%	99.96%	5.56%	88.89%	C
17	13200	0.02%	99.99%	5.56%	94.44%	C
18	6650	0.01%	100.00%	5.56%	100.00%	C

Analisando os resultados obtidos por meio da Análise ABC de clientes, verificou-se que cerca de 17% dos clientes foi classificado com a classe A, 17% com a classe B e os restantes 66% com a classe C. Esses resultados podem ser visualizados na Tabela 9.

Tabela 9 – Resultados da análise ABC de clientes

Análise ABC	Peso (%)	Nº clientes	% Clientes	% Clientes Acumulada	% Quantidade	% Quantidade Acumulada
Classe A	80.00%	3	16.67%	16.67%	67.01%	67.01%
Classe B	95.00%	3	16.67%	33.33%	26.08%	93.09%
Classe C	100.00%	12	66.67%	100.00%	6.91%	100.00%
TOTAL		18	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Na Figura 45 é apresentada a curva ABC de clientes obtida.

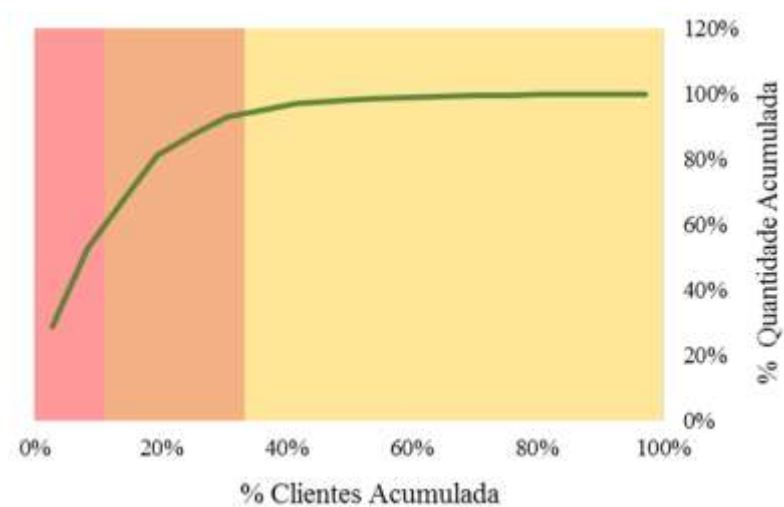


Figura 45 – Curva ABC de clientes

Posteriormente à realização da análise ABC dos vários clientes, procedeu-se à análise ABC dos artigos de cada um dos clientes. Na Tabela 10 pode-se observar a análise ABC realizada aos produtos de um determinado cliente. Sendo que, para os restantes clientes a análise foi realizada da mesma forma.

Tabela 10 – Análise ABC para os artigos de um cliente

Ordem	Frequência	Frequência Acumulada	% Artigos	% Acumulada Artigos	Classificação
1	19.62%	19.62%	3.13%	3.13%	A
2	18.26%	37.88%	3.13%	6.25%	A
3	7.58%	45.45%	3.13%	9.38%	A
4	7.58%	53.03%	3.13%	12.50%	A
5	5.30%	58.33%	3.13%	15.63%	A
6	3.79%	62.12%	3.13%	18.75%	A
7	3.79%	65.91%	3.13%	21.88%	A
8	2.27%	68.18%	3.13%	25.00%	A
9	2.27%	70.45%	3.13%	28.13%	A
10	2.27%	72.73%	3.13%	31.25%	A
11	2.27%	75.00%	3.13%	34.38%	A
12	2.27%	77.27%	3.13%	37.50%	A
13	2.27%	79.55%	3.13%	40.63%	A
14	2.27%	81.82%	3.13%	43.75%	B
15	1.52%	83.33%	3.13%	46.88%	B
16	1.52%	84.85%	3.13%	50.00%	B
17	1.52%	86.36%	3.13%	53.13%	B

18	1.52%	87.88%	3.13%	56.25%	B
19	1.52%	89.39%	3.13%	59.38%	B
20	1.52%	90.91%	3.13%	62.50%	B
21	0.76%	91.67%	3.13%	65.63%	B
22	0.76%	92.42%	3.13%	68.75%	B
23	0.76%	93.18%	3.13%	71.88%	B
24	0.76%	93.94%	3.13%	75.00%	B
25	0.76%	94.70%	3.13%	78.13%	B
26	0.76%	95.45%	3.13%	81.25%	C
27	0.76%	96.21%	3.13%	84.38%	C
28	0.76%	96.97%	3.13%	87.50%	C
29	0.76%	97.73%	3.13%	90.63%	C
30	0.76%	98.48%	3.13%	93.75%	C
31	0.76%	99.24%	3.13%	96.88%	C
32	0.76%	100.00%	3.13%	100.00%	C

#### 3.2.3.4. REGISTO DE TEMPOS DE PREPARAÇÃO DE ENCOMENDAS

O *picking* é a operação mais dispendiosa num armazém de uma empresa, uma vez que requer elevada mão de obra e tempo. Por este motivo, foi dada uma especial atenção a esta atividade.

Realizou-se o registo dos tempos de preparação de encomendas para que fosse possível efetuar uma análise do processo de *picking*, relativamente à sua duração, interrupções, aspetos a melhorar, etc.

Para a elaboração desta tarefa foram realizadas visitas ao armazém durante 6 dias úteis, sendo observado todo o processo de *picking* diariamente e cronometrados os tempos das várias fases dessa atividade, incluindo os tempos de interrupções. O registo foi feito com o auxílio de um cronómetro e de uma folha de registo de tempos previamente preparada para a anotação das informações.

A cronometragem foi dividida em duas etapas. A primeira refere-se ao tempo que o operador demora a recolher os pedidos informaticamente e a realizar a impressão dos rótulos, guias de remessa e listas. A segunda etapa diz respeito ao tempo que o mesmo demora para efetuar

a recolha dos itens do local onde se encontram armazenados e o seu embalamento. Registou-se ainda o tempo de interrupções da atividade de *picking*.

Na Tabela 11 encontram-se organizados os dados recolhidos na observação do *picking*.

Tabela 11 – Dados recolhidos na cronometragem do *picking*

Observação	Data	Cliente	Nº de encomendas	Tempo (minutos)		
				Preparação de guias e impressão de rótulos	Recolha e separação de encomendas	Interrupções
1	07/03/2019	A	10	30	20	76
		B	7	25	25	
2	08/03/2019	A	7	15	18	100
		B	12	35	55	
		C	4	5	29	
3	11/03/2019	A	14			
		B	6		23	
		C	6	5	20	
4	12/03/2019	A	9	28	26	55
		B	7	37	57	
		C	2	4	11	
5	13/03/2019	A	11	30	36	60
		B	6	35	20	
		C	3	3	23	
6	14/03/2019	A	14	30	38	43
		B	6	15	42	
		C	2	3	7	

Observando os dados registados, verifica-se que no 3º dia de cronometragem não foram registados todos os tempos da atividade. Este erro deve-se ao facto de o operador que estava a ser alvo das observações não ter estado presente na parte da manhã, sendo que nesse

período o seu trabalho foi realizado por outro operador. Para a análise dos dados recolhidos não se teve em conta os dados registados neste dia, sendo por isso, analisados apenas os dados dos outros 5 dias.

Durante a cronometragem foi recolhido um total de 100 pedidos para os vários clientes, numa média de 4 minutos por pedido. A recolha dos artigos dos *racks* e a sua separação consome em média 60% do tempo total da preparação de encomendas. Este valor pode dever-se à falta de um critério de localização dos artigos e de identificação do mesmo.

Após o acompanhamento do *picking* e registo dos tempos, procedeu-se ao cálculo da sua eficiência. Para esta análise utilizou-se a equação (1) referenciada anteriormente no capítulo da revisão bibliográfica (2.2.4.1. Informação e boas práticas no *picking*).

Calculou-se a eficiência para os 5 dias em que ocorreu o registo de tempos e obteve-se uma média total da eficiência do *picking*. Os resultados obtidos estão representados na Tabela 12.

Tabela 12 – Resultados obtidos após o cálculo da eficiência do *picking*

Cronometragem	Data	Cliente	Tempo (minutos)			Eficiência (%)
			Tempo Total de Preparação	Tempo Total de <i>Picking</i>	Tempo Total de Interrupções	
1	07/03/2019	A	55	45	76	56.82%
		B				
2	08/03/2019	A	55	102	100	61.09%
		B				
		C				
3	11/03/2019	A		43		
		B				
		C				
4	12/03/2019	A	69	94	55	74.77%
		B				
		C				
5	13/03/2019	A	68	79	60	71.01%
		B				
		C				
6	14/03/2019	A	48	87	43	75.84%
		B				
		C				
		<b>Média</b>	49.17	75.00	55.67	<b>67.91%</b>

A partir dos dados apresentados na tabela anterior, pode-se constatar que a eficiência média do *picking* era aproximadamente 68%. Analisando os dados constatamos que uma grande parte do tempo total da atividade de preparação de encomendas é gasto em interrupções.

No gráfico da Figura 46 é possível visualizar o tempo despendido nas diversas etapas da atividade de *picking*, mostrando que é bastante significativo o tempo desperdiçado e interrupções.

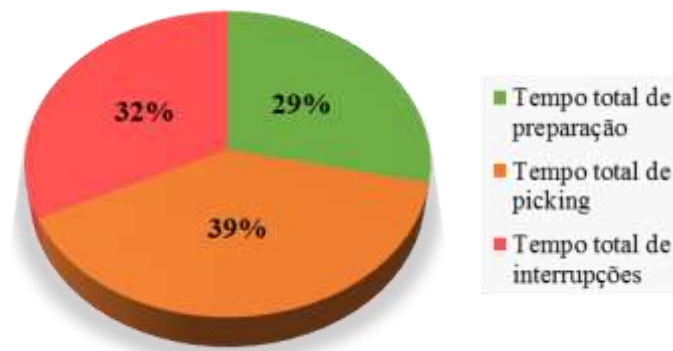


Figura 46 – Gráfico com as percentagens do tempo gasto em cada etapa do *picking*

A baixa eficiência detetada levou à realização de uma análise aprofundada do desperdício de tempo na atividade de *picking*, derivado das interrupções. É de salientar que as interrupções observadas se deviam à saída de um operador para a realização de transporte externo de produtos ou outras funções. Durante a análise verificaram-se ainda algumas pausas para atender telefonemas, responder a *emails* ou interrupções por parte de outros colaboradores da empresa. Estas pequenas paragens não foram incluídas no registo dos tempos de interrupções.

### 3.2.3.5. IDENTIFICAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DOS PRODUTOS

As organizações procuram identificar os seus produtos devido ao elevado número de diferentes referências. A codificação dos produtos permite simplificar e padronizar o *stock* da empresa.

A identificação da localização dos produtos é importante no momento da sua recolha, de forma a que esta atividade seja realizada no menor tempo possível e corretamente, ou seja, que seja recolhido o artigo certo, na quantidade e qualidade pretendida.

Para este trabalho foi criada uma nomenclatura baseada no código alfanumérico apresentado anteriormente na revisão bibliográfica (2.3.5. Codificação das Localizações). O código adotado para a localização dos artigos é composto por quatro dígitos e está representado na Figura 47.

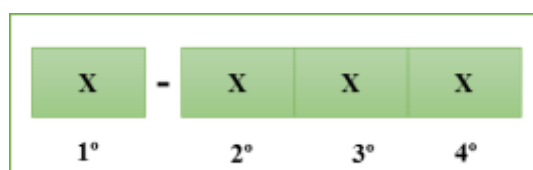


Figura 47 – Código para a localização de artigos

Na nomenclatura criada para a localização dos artigos, o significado de cada dígito é o seguinte:

1º - Número representativo do armazém onde se encontra o artigo (1 para o armazém de baixo e 2 para o armazém de cima);

2º - Letra que representa a fila de *racks* onde se encontra o artigo;

3º - Número que representa a coluna onde se localiza o artigo;

4º - Número que representa a prateleira (nível) onde se posiciona o artigo, partindo do chão no sentido crescente, Figura 48.

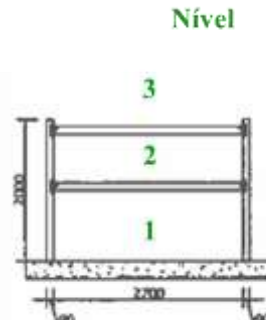


Figura 48 – Identificação do nível do rack onde se situa o artigo

Para uma melhor compreensão das localizações criadas realizaram-se esquemas explicativos das localizações para os dois armazéns. Os esquemas para o armazém de cima (2) e para o armazém de baixo (1) estão representados nas Figuras 49 e 50, respetivamente.

Na Figura 49, as filas são também representadas com letras e as colunas e níveis com números. Este armazém é identificado com o número 2 no início do código alfanumérico da localização dos artigos.

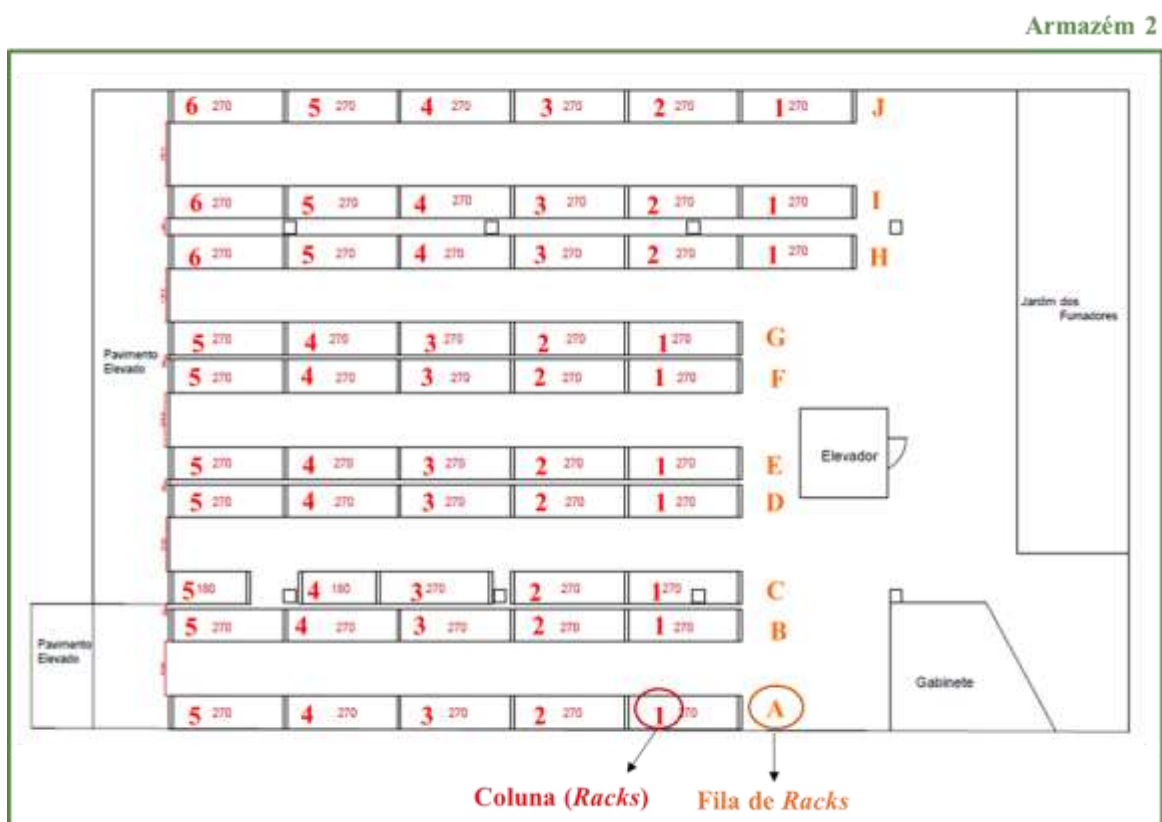


Figura 49 – Esquema representativo das localizações do armazém de cima

Na Figura 50, verifica-se que todas as filas de *racks* foram identificadas com letras, assim como os armários e as estantes existentes no armazém. Dentro das filas identificou-se os *racks* e os seus lados com números, conforme a figura. No código usado para a localização dos artigos, este armazém é identificado pelo número 1.

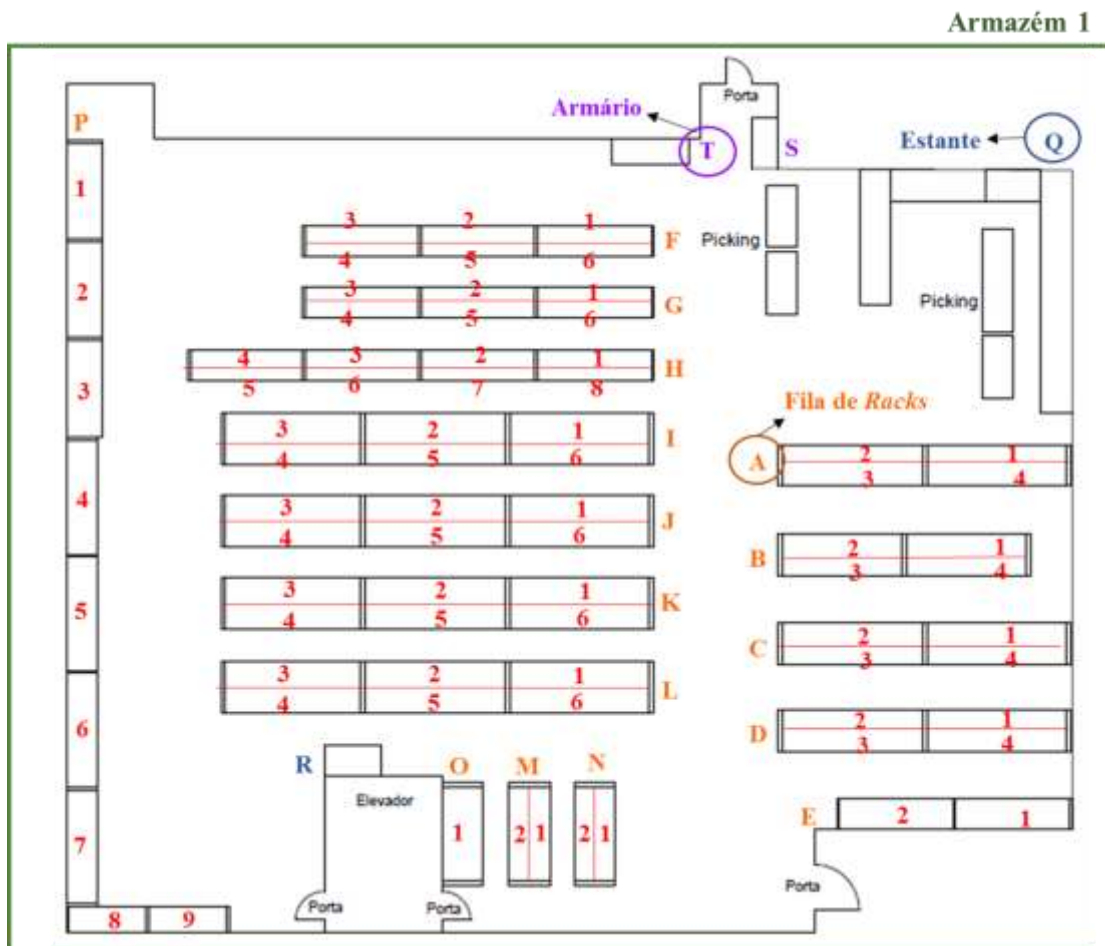


Figura 50 – Esquema representativo das localizações do armazém de baixo

No armazém 1, existem armários (letras T e S) e estantes (letras Q e R) que são utilizados também para o armazenamento de produto acabado.

Nos armários o código é semelhante ao utilizado para os *racks*, tendo apenas algumas diferenças na interpretação dos dígitos:

1º - Número representativo do armazém onde se encontra o artigo (1 para o armazém de baixo e 2 para o armazém de cima);

2º - Letra que representa a fila de armários onde se encontra o artigo;

3º - Número que representa o armário onde se localiza o artigo;

4º - Número que representa a porta onde se localiza o artigo.

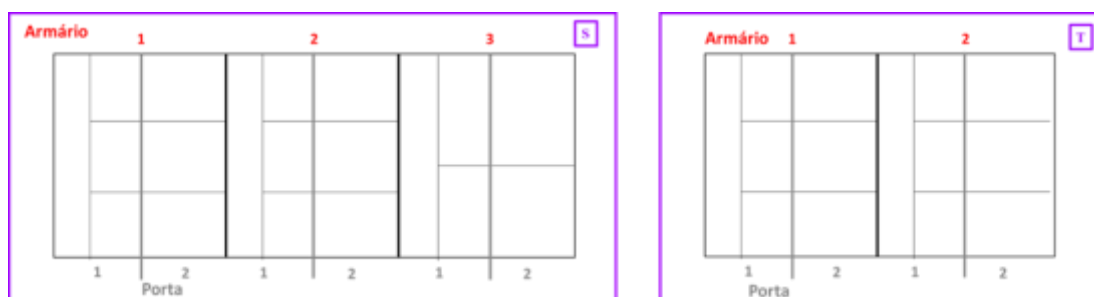


Figura 51 – Esquema para a localização de artigos nos armários

Tal como nos armários, o mesmo acontece com as estantes. A nomenclatura usada para a localização dos artigos diferencia-se apenas no significado de alguns dígitos:

1º - Número representativo do armazém onde se encontra o artigo (1 para o armazém de baixo e 2 para o armazém de cima);

2º - Letra que representa a fila de estantes onde se encontra o artigo;

3º - Número que representa a coluna das estantes onde se localiza o artigo;

4º - Número que representa a prateleira (nível) onde se localiza o artigo.

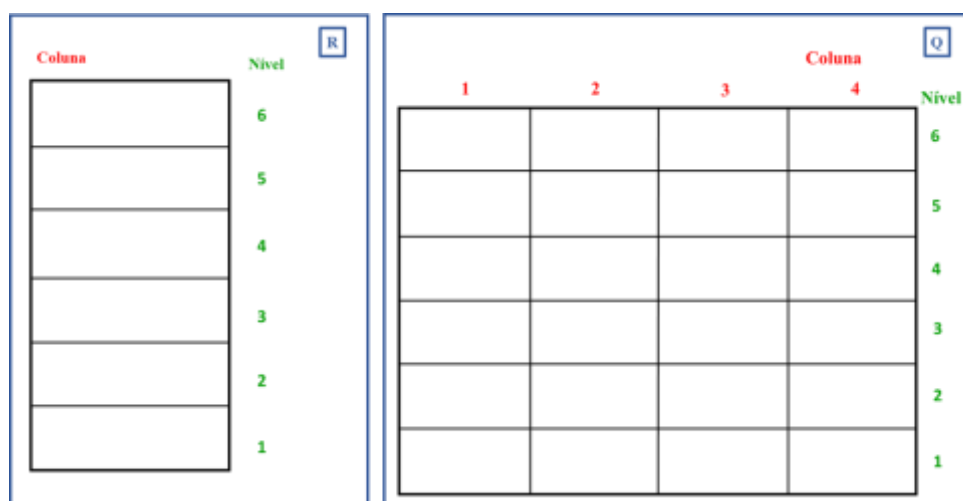


Figura 52 – Esquema para a localização de artigos nas estantes

Foi sugerida a implementação deste código de localização e idealizaram-se placas para a colocação nos *racks* dos dois armazéns, Figura 53.

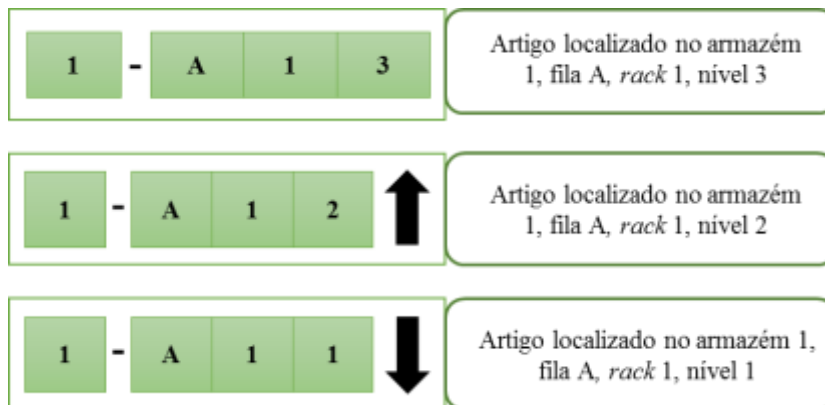


Figura 53 – Códigos para a identificação das localizações nos *racks*

Como se pode visualizar na figura anterior, foi colocada ainda uma seta no código dos artigos que se localizam no nível central (nível dois), de modo a facilitar a identificação dos artigos que se encontram no nível um ou dois, dado que o nível um se encontra diretamente no chão e não possui um local onde seja possível colocar a placa identificativa da posição.

Criaram-se placas em PVC para a colocação nos *racks* dos dois armazéns, como se pode visualizar na Figura 54.



Figura 54 – Placas de identificação das localizações nos armazéns

### 3.2.3.6. ORGANIZAÇÃO DOS ARTIGOS E INSERÇÃO DAS LOCALIZAÇÕES NO SISTEMA

Foi proposta a organização dos artigos no armazém 1, ou seja, no armazém mais antigo, de acordo com a análise ABC realizada anteriormente. Para além desta análise, devem ser considerados outros aspetos. Os artigos classificados com a letra A, ou seja, que têm uma maior quantidade de saída, devem ser colocados no nível 2, uma vez que exige um menor esforço dos operadores no momento da sua recolha. Os artigos mais pesados, geralmente arrumados em paletes, devem ser colocados no nível 1, de forma a facilitar a sua recolha e o seu transporte.

Contudo, tratando-se de uma análise teórica, esta não tem em conta alguns aspetos práticos das necessidades dos colaboradores do armazém. Assim, realizou-se uma reorganização dos produtos, mas tendo em conta as opiniões e conhecimentos dos colaboradores.

O armazém foi limpo por uma equipa de limpeza, sendo retirado todo o material dos *racks* e desocupado o espaço de modo a facilitar o processo. Seguidamente, procedeu-se à reorganização dos produtos.

Terminada a organização e colocação de todos os produtos nos respetivos *racks*, efetuou-se o registo do código de localização para cada artigo. Primeiramente, foi criado um ficheiro *Excel* com uma tabela onde foi registada essa informação por cada fila de *racks*. Na Tabela 13 é apresentada a localização de alguns dos artigos de cada fila.

Tabela 13 – Localização dos artigos no armazém 1

Fila	Cliente	Nº Ficha de Trabalho	Código (Modelo)	Localização
A		182284	70014	1-A13
		132910	70208	1-A13
...				
B		140824	10990351	1-B13
		132577	10070229	1-B13
...				
C		163950	HL POV MOD.12	1-C13
		163951	HL VNC MOD.12	1-C13
...				
D		162866	25956	1-D41
		163029	50108	1-D41
...				
E		121227	MRS005692	1-E11
		121226	MRS005693	1-E11
...				
F		183876	30300017	1-F11
		124625	50200022	1-F11
...				
G		184604	TLIS/DIR-DG/MOD37	1-G11
		191349	TLIS/F&B-RT/MOD29	1-G11
...				
H		141949	HTO/F&B-RS/MOD01	1-H12
		182490	TORI/ALJ-HK/MOD01	1-H12
...				
I		192092	THR/F&B-CZ/MOD06	1-I11
		112570	THR/DCP-CT/MOD22	1-I12
...				
J		142884	MRS004512	1-J11
		102592	MRS004575	1-J11
...				
K		173474	1-1584 N TP	1-K11
		153665	MRS007528	1-K11
...				
L		142939	MRS004863	1-L12
		142940	MRS004864	1-L12
...				
M		150670	MRS006391	1-M11
		154117	MRS006391	1-M11
...				
N		142552	26840	1-N12
		181076	6321	1-N12
...				
O		181160	FID000045	1-O13
		163928	FID000044	1-O13

...				
<b>P</b>		112569	1-46644	1-P32
		112440	1-46644	1-P32
...				
<b>Q</b>		103052	14020187	1-Q25
		110673	14020182	1-Q25
...				
<b>R</b>		172368		1-R15
		190088		1-R15
...				
<b>S</b>		180168	10001065	1-S32
		180724	10000035	1-S32
...				
<b>T</b>		180553	10000023	1-T11
		174945	10001078	1-T11

Após a conclusão do registo de todas as localizações, efetuou-se a inserção dos dados no sistema de gestão PHC na secção de gestão de *stocks*, Figura 55.

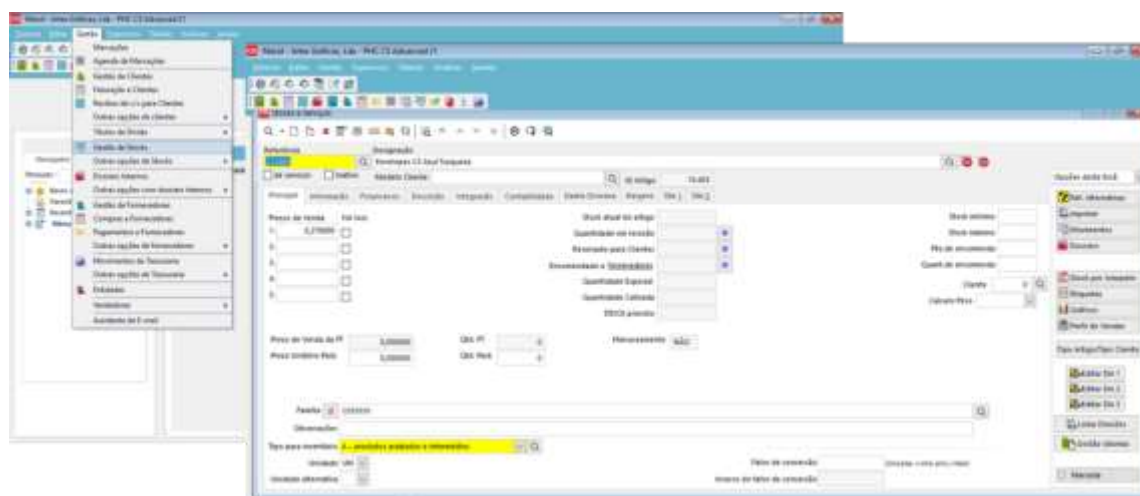


Figura 55 – Sistema de gestão PHC

O *software* informará o operador da localização exata dos artigos, facilitando a sua recolha na atividade de *picking* e, por sua vez, reduzindo o tempo de recolha.

Outra vantagem desta informação é facilitar a procura de um artigo por parte de qualquer outro colaborador que não conhece a organização do armazém. Com a indicação da

localização exata e a visualização das placas indicadoras com o código alfanumérico torna-se bastante simples encontrar o produto de que necessitam.

## 4. MODELAÇÃO MATEMÁTICA

Esta secção descreve um modelo matemático de otimização para representar a alocação de artigos no novo armazém.

Este modelo baseou-se na revisão bibliográfica efetuada inicialmente e na adaptação dos critérios de distância percorrida no armazém de Vis & Roodbergen e de prioridade de expedição dos artigos de Sandal [56] [57].

Trata-se de um modelo com *clusters* de áreas que tem como objetivo determinar a alocação de lojas às várias localizações disponíveis no armazém em estudo [58].

### 4.1. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA E OBJETIVOS DO MODELO MATEMÁTICO

O modelo matemático proposto tem como finalidade determinar a alocação de artigos nas localizações disponíveis no novo armazém, com vista a minimizar a distância percorrida no mesmo e a considerar as prioridades de expedição dos produtos.

No modelo apresentado a distância total percorrida no armazém é dividida na distância percorrida na operação de *picking* e na distância percorrida na operação de expedição.

É considerada a capacidade de espaço referente a cada uma das áreas disponíveis no armazém e a necessidade de espaço de cada um dos artigos.

Tem-se em conta a prioridade de expedição dos produtos, restringindo as possibilidades de localização dos produtos prioritários a espaços considerados preferenciais, ou seja, a espaços situados perto da zona de expedição do armazém.

O problema analisado neste modelo resume-se a um conjunto de localizações disponíveis para alocar os artigos no armazém e um conjunto de artigos a alocar nessas mesmas localizações. Tem em conta alguns aspetos:

- A distância de cada uma das localizações disponíveis ao ponto de receção e a distância de cada uma das localizações ao ponto de expedição;
- Capacidade de espaço (em unidades logísticas) de cada uma das localizações disponíveis no armazém para um certo horizonte temporal;
- Necessidade de espaço (em unidades logísticas) referente a cada um dos artigos num certo horizonte temporal;
- Número de encomendas expedidas referente a cada um dos artigos num certo horizonte temporal;
- Número médio de operações de *picking* por artigo para um determinado horizonte temporal.

O objetivo deste modelo é determinar a disposição dos artigos, indicando a sua alocação nas localizações disponíveis.

## 4.2. FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO MODELO

Na secção apresentada é indicada a formulação matemática do modelo, assim como os pressupostos assumidos na sua realização. São definidos os índices, conjuntos, parâmetros e as variáveis utilizadas para a conceção do modelo.

### 4.2.1. PRESSUPOSTOS DO MODELO

No modelo são assumidos os pressupostos seguintes:

- São definidos dois pontos: o ponto médio de receção, a partir do qual se inicia a operação de *picking*, e um ponto médio de expedição, onde se realiza a expedição do material.
- Sempre que ocorre o *picking* de um determinado artigo, a distância a partir do ponto de receção até à localização desse artigo é percorrida totalmente.
- Número médio de operações de *picking* por artigo.

O caminho percorrido por um colaborador na operação de *picking* submete-se a um elevado grau de variabilidade, dado que depende dos artigos que são pedidos nas encomendas. Uma vez que é impossível prever cada um dos percursos que poderiam ser realizados pelos operadores de armazém durante o *picking*, optou-se por agrupar as localizações do armazém em *clusters*. Assim, pressupõe-se que um colaborador, num único percurso, visita um grupo de artigos que se situam em localizações vizinhas no armazém. Estes *clusters* são arquitetados partindo do número médio de operações de *picking* por artigo rececionado.

Neste modelo pretende-se garantir que o número de visitas a um *cluster* será igual ao maior número de operações de *picking* dos artigos que foram alocados nas localizações desse mesmo *cluster*.



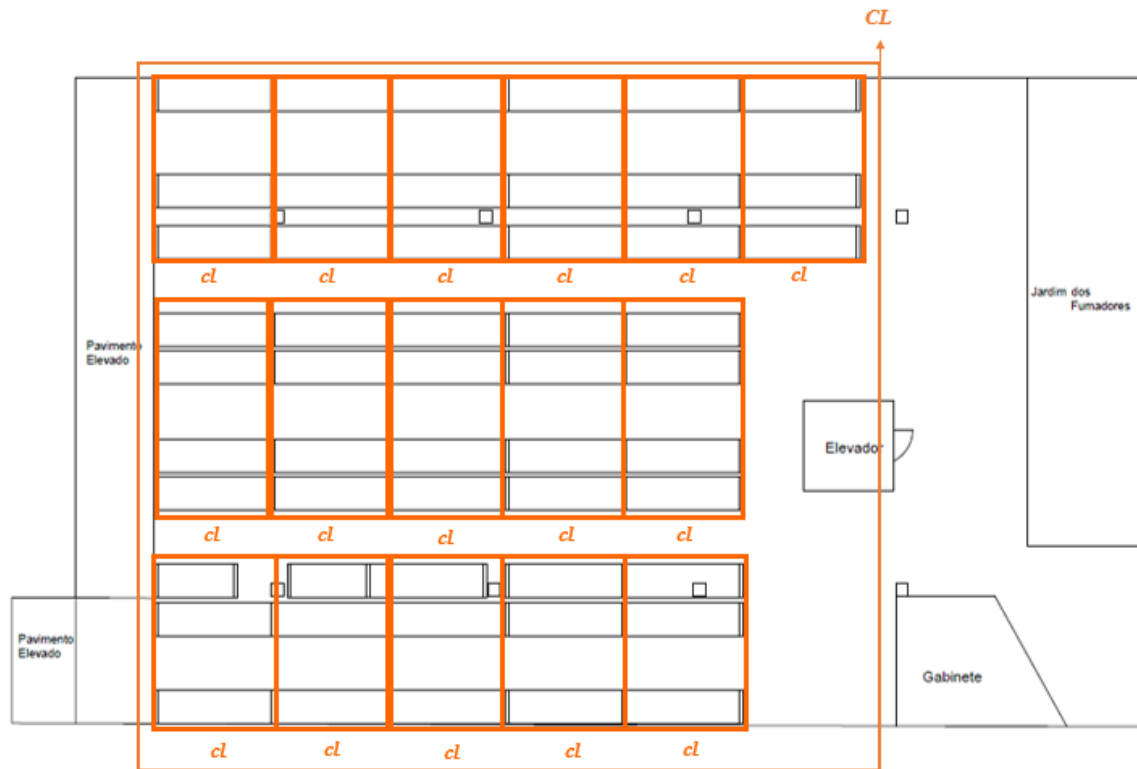


Figura 57 – Aglomeração diversas áreas em *clusters*

A Figura 58 representa a alocação de um produto  $p$  a uma área  $a$ .  $S_{p,a}$  representa o conjunto de produtos e áreas em que é possível a alocação.

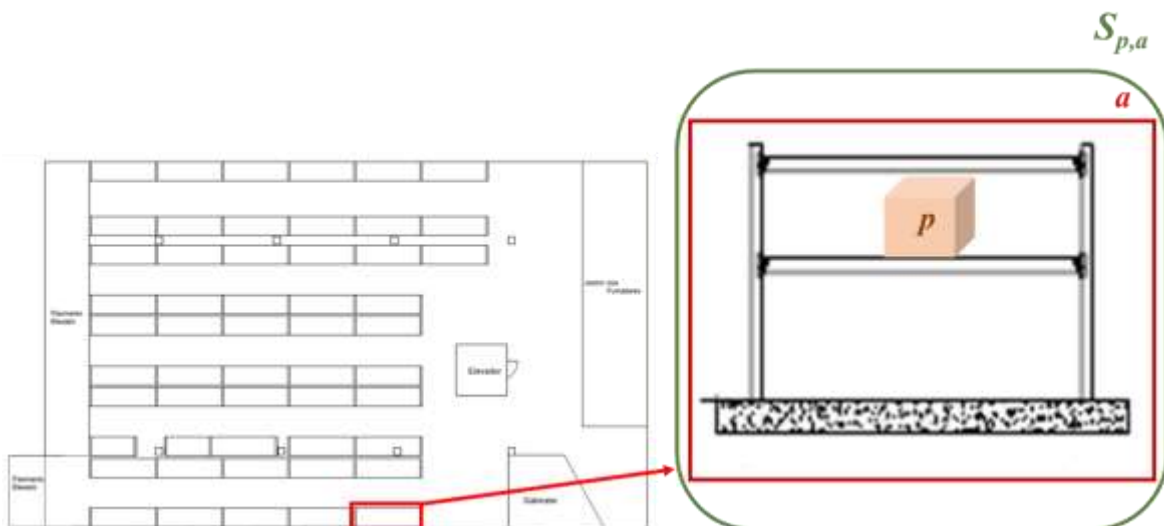


Figura 58 – Par ordenado de área e produto onde a alocação é possível

### 4.2.3. PARÂMETROS

$espaço_a$  – Capacidade de espaço da área  $a$  para um determinado período temporal

$posiatual_{p,a}$  – Indica a posição atual dos artigos no armazém, ou seja, a alocação do produto nas áreas do armazém (parâmetro para testar o *layout* atual)

$cluster_{cl,a}$  - Indica as áreas  $a$  que constituem cada cluster  $cl$

$distexp_a$  – Indica a distância do ponto de expedição à área  $a$

$dist_{cl}$  - Distância associada a operações de *picking* no *cluster* de áreas  $cl$

$exp_p$  – Quantidade expedida do produto  $p$ , num certo período temporal

$necess_p$  – Necessidade média de espaço do produto  $p$ , para um determinado período temporal

$areanecess_p$  – Necessidade média de espaço (em número de áreas de armazém) do produto  $p$  para um determinado período temporal. Este parâmetro é calculado por:

$$areanecess_p = \left\lceil \frac{necess_p}{espaço_a} \right\rceil \quad (3)$$

$aloc_{p,a}$  - Indica as áreas possíveis onde um produto  $p$  pode ser alocado de acordo com a sua prioridade de expedição. Este parâmetro assume o valor 1 se o produto  $p$  puder ser alocado à área  $a$ . Caso contrário, o parâmetro assume o valor 0.

$exec_p$  – Número de operações de *picking* associadas ao produto  $p$  para um determinado período temporal

### 4.2.4. VARIÁVEIS

$x_{p,a}$  – Variável binária que é igual a 1 caso o produto  $p$  esteja alocado à área  $a$ . Caso contrário, assume o valor 0.

$visit_{cl}$  – Variável inteira não negativa que indica o número de vezes que um cluster  $cl$  é visitado num certo período temporal.

#### 4.2.5. FORMULAÇÃO MATEMÁTICA

Partindo dos conjuntos, parâmetros e variáveis apresentadas anteriormente, e tendo em conta o caso em estudo, o modelo com *clusters* de áreas é formulado da forma indicada a seguir.

$$\left[ \text{Min} \sum_{cl \in CL} [dist_{cl} \times visit_{cl}] + \sum_{a \in A} \sum_{p \in P} [distexp_a \times x_{p,a} \times exp_p] \right] \quad (4)$$

Sujeito a:

$$\sum_{p \in P} x_{p,a} \leq 1, \forall a \in A \quad (5)$$

$$\sum_{a \in A} x_{p,a} \leq areanecess_p, \forall p \in P \quad (6)$$

$$x_{p,a} \leq aloc_{p,a}, \forall p \in P, \forall a \in A \quad (7)$$

$$\sum_{a \in A} x_{p,a} \times espaço_a \geq necess_p, \forall p \in P \quad (8)$$

$$x_{p,a} \leq x_{p,a+1} + x_{p,a-1}, \forall p: areanecess_p \geq 2, \forall a \in A \quad (9)$$

$$visit_{cl} \geq exec_p \times x_{p,a}, \forall cl, a: cluster_{cl} = 1, \forall p \in P \quad (10)$$

$$x_{p,a} \in \{0,1\} \quad (11)$$

$$visit_{cl} \in \mathbb{Z}^+ \quad (12)$$

A função objetivo do modelo matemático com *clusters*<sup>4</sup> de áreas é representada pela função (4). As variáveis desta função correspondem à distância percorrida durante a operação de *picking* ( $dist_{cl}$ ) e durante a operação de expedição ( $dist_{exp_a}$ ). Nesta função objetivo a distância referente à operação de *picking* é definida em relação a um conjunto de localizações e não a cada uma das localizações.

A restrição (5) assegura que a área do armazém pode no máximo estar alocada a um produto.

A restrição (6) limita o número de áreas existentes no armazém que podem ser alocadas a um produto. Esta restrição assegura que o número de áreas que podem ser alocadas a um produto será menor ou igual à necessidade média de espaço desse produto. O cálculo da necessidade média de espaço do produto, em termos de número de áreas do armazém, é realizado de acordo com a equação (4).

A restrição (7) limita as possibilidades de alocação de um produto tendo em conta a sua prioridade de expedição. Pretende-se garantir que as prioridades de expedição dos produtos são satisfeitas, restringindo a localização dos produtos mais prioritários a áreas do armazém situadas junto ao local de expedição.

A restrição (8) tem como finalidade garantir que cada produto se encontra localizado numa ou mais áreas do armazém com uma capacidade de espaço total maior ou igual às necessidades de espaço desse mesmo produto.

A restrição (9) assegura que caso um produto necessite de ser alocado a pelo menos duas áreas do armazém serão atribuídas a esse produto áreas contíguas. Ao realizar esta atribuição podem ser evitados erros na operação de expedição.

A restrição (10) garante que um número de visitas a um *cluster* será maior ou igual ao maior número de operações de *picking* dos produtos que foram alocados a áreas desse *cluster*.

A restrição (11) define o domínio da variável  $x_{p,a}$ .

A restrição (12) define o domínio da variável  $visit_{cl}$ .

---

<sup>4</sup> Aglomerado de elementos que possuem características semelhantes.

# 5. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Neste último capítulo são apresentadas as conclusões obtidas no desenvolvimento deste projeto e as perspectivas de trabalho futuro a realizar.

## 5.1. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo principal a organização do armazém de produto acabado da empresa e o desenvolvimento de um novo espaço de armazém, recorrendo ao uso de determinadas metodologias, nomeadamente a filosofia *Lean*, o desenho do *layout* do novo espaço de armazém, a Análise ABC ou Regra de Pareto, o estudo da eficiência do *picking* e a codificação da localização dos artigos.

A logística tem como foco principal o transporte e armazenamento de produtos. O armazenamento implica elevados custos para a organização. Este processo tem como objetivo a alocação eficiente dos artigos no armazém. O estudo apresentado incidiu na operação de *picking*, uma de muitas operações de armazenamento, que apresenta maior importância no custo total de um armazém.

Foram aplicadas diversas metodologias, tais como a Análise ABC, implementação do *layout* do novo armazém, estudo da eficiência do *picking* e codificação de localizações. Inicialmente, obteve-se uma eficiência do *picking* de cerca de 68%, salientando a necessidade de mudanças nesta atividade. A análise ABC revelou valores aproximados dos valores da Lei de Pareto, sendo que esta análise facilitou a organização dos artigos de armazém por classes. Foi implementado um *layout* baseado no cliente e no nível de atividade. A codificação das localizações facilitou a operação de *picking*, facilitando a procura dos materiais e, por sua vez, diminuindo o tempo gasto na sua recolha.

### **5.1.1. RESPOSTAS ÀS QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO**

Neste capítulo o autor consegue dar respostas assertivas às questões de investigação através da verificação por parte da empresa e sempre baseado na sustentação dos resultados obtidos e tratados. Tendo dado como terminadas as etapas de recolha e análise dos dados, eis que surge a interpretação e as respostas às questões de investigação.

#### **Q1: Qual o método de armazenamento mais adequado aos armazéns de produto acabado da empresa?**

Efetou-se inicialmente a análise do armazém, dos diversos processos de armazenamento e principalmente do processo de *picking*. Desta forma, foi possível conhecer o funcionamento do armazém e detetar alguns aspetos a melhorar. A organização e identificação dos artigos eram necessárias para o aumento da eficácia do armazém.

A empresa fornece produtos únicos a diversos clientes prestigiados. Para facilitar a atividade de *picking*, optou-se por adotar um *layout* baseado no cliente e no nível de atividade. Os produtos foram separados por cliente em determinadas zonas, tendo em conta a rotação que possuem dentro do armazém. Constatou-se que o método de armazenamento adequado para a empresa é o armazenamento por classes, baseado na Análise de Pareto, onde as classes são determinadas de acordo com a frequência da procura dos artigos.

**Q2: Qual o método de *picking* que deve ser utilizado, de modo a otimizar esse processo?**

Foi efetuado um estudo da atividade de *picking*. Verificou-se que a recolha dos artigos dos *racks* e a sua separação consome em média 60% do tempo total da preparação de encomendas. Este valor pode ser resultado da falta de um critério de localização dos artigos, levando a que o operador necessite de bastante tempo para procurar e recolher todos os artigos.

Com a análise e registo de tempos da atividade de *picking*, verificou-se que a eficiência média desta operação era de 68%, havendo um tempo considerável de interrupções que limitava o seu desempenho. Havia então a necessidade de otimizar esta atividade.

De acordo com o método de armazenamento escolhido, será utilizado o método de *picking by order*. O operador recolhe todos os artigos de uma encomenda, deslocando-se pelo armazém procurando os diversos produtos encomendados.

Esta atividade poderia ainda ser otimizada com a descoberta do melhor caminho a seguir para a recolha dos artigos pelo operador, através do método das rotas.

**Q3: Com a realização da análise ABC baseada na quantidade de saída de produtos é possível otimizar os processos de armazenamento e conseguir uma melhor arrumação dos produtos em armazém?**

Realizou-se a análise ABC dos produtos existentes no armazém, de modo a conhecer os artigos com mais procura e que, por sua vez, acarretam um maior número de deslocações dos operadores no decorrer da operação de *picking*. A análise ABC, baseada na regra de Pareto, permite alocar os artigos de forma a que a classe A contenha 20% do total dos artigos, a classe B contenha 30% dos artigos e a classe C contenha os restantes 50%.

Esta análise foi efetuada primeiramente para os clientes e depois para os artigos de cada cliente. Observou-se que 17% dos clientes foram classificados com a classe A, 17% com a classe B e 66% com a classe C. Verificou-se que os resultados obtidos se aproximam dos valores da Lei de Pareto.

A análise ABC teve uma elevada importância na melhoria dos processos de armazém, principalmente da atividade de *picking*. Através deste método foi possível organizar os

artigos do armazém de produto acabado, alocando-os segundo a classificação obtida. Os artigos pertencentes à classe A ficaram mais perto do local de *picking*, permitindo ao operador diminuir o número de deslocações durante a atividade e desta forma, diminuir o tempo total da operação.

**Q4: A utilização de placas de identificação de *racks* permite otimizar o processo de *picking*?**

Como solução ao problema da falta de identificação da localização dos artigos foi criado um código alfanumérico para as áreas de armazenamento dos dois armazéns. Registrou-se este código no sistema de gestão da empresa, o *software* PHC, sendo disponibilizados os dados da localização de cada artigo na guia utilizada para o *picking* das encomendas. Assim, é possível diminuir o tempo da recolha dos artigos no *picking*. Este código facilita ainda a procura de um artigo por qualquer outro colaborador da empresa que desconheça a organização do armazém.

**Q5: Que estratégias e comportamentos podem ser adotados para a otimização do armazém de produto acabado?**

Em suma, cada uma das metodologias adotadas contribuiu para a otimização do armazém e dos processos de armazenamento. A análise ABC e organização dos artigos, a codificação das localizações, o estudo da atividade de *picking* e a pesquisa do melhor *layout* para o novo espaço de armazém contribuiu para a melhoria e otimização dos processos logísticos de armazenamento. Futuramente, poderão ainda ser adotados mais métodos e estudadas novas estratégias para a melhoria contínua da logística da empresa.

Para finalizar este trabalho, como complemento à otimização dos processos de armazenamento, foi formulado um modelo matemático para a alocação de artigos no novo armazém da empresa. O modelo matemático proposto tem como objetivo a minimização da distância percorrida no armazém, considerando as prioridades de expedição dos produtos.

## 5.2. PERSPETIVAS DE TRABALHO FUTURO

Futuramente poderão ser implementadas novas metodologias e efetuadas novas análises, com a finalidade de melhorar continuamente a logística interna dos armazéns de produto acabado da empresa. Propõem-se algumas perspectivas de trabalho futuro:

- O modelo matemático formulado poderá ser aplicado na organização dos artigos no novo espaço de armazém, através da realização de simulações de vários cenários possíveis e da posterior comparação de resultados.
- Poderá aplicar-se o método das rotas, com o intuito de conhecer a sequência que o operador deve seguir para recolher os artigos no processo de *picking*, determinando assim o trajeto mais curto. Desta forma seria possível reduzir a distância percorrida pelo operador e, por sua vez, o tempo gasto durante a atividade.



## Referências Documentais

- [1] J. R. Stock e D. M. Lambert, *Strategic Logistics Management*, New York: McGraw-Hill, 2001.
- [2] B. C. Moura, *Logística - Conceitos e Tendências*, Famalicão: Centro Atlântico, 2006.
- [3] P. D. C. Fernandes, “Otimização do Processo de Picking,” Dissertação de Mestrado em Ciências Empresariais - Ramo Logística , Escola Superior de Ciências Empresariais do Instituto Politécnico de Setúbal , 2017.
- [4] J. C. Carvalho, A. P. Guedes, A. M. Arantes, A. L. P. A. B. Martins e C. A. e. a. Luís, *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento*, Lisboa: Edições Silabo , 2012.
- [5] A. Rushton, P. Croucher e P. Baker, *The handbook of logistics & distribution management*, London: Kogan Page Limited , 2010.
- [6] P. R. F. Gomes, “Gestão de Operações de um Armazém,” Relatório de estágio de Mestrado em Logística , Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto, 2014.
- [7] D. Waters, *Logistics: an introduction to supply chain management*, 2003.
- [8] M. J. F. Sousa, “Gestão de Armazéns e Logística Interna,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica , Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto , 2015.
- [9] P. Baker e M. Canessa, “Warehouse design: a structured approach,” *European Journal of Operational Research* , vol. 193, nº 2, pp. 425-436, 2009.
- [10] J. Gu, M. Goetschalekx e L. F. McGinnis, “Research on warehouse operation: a comprehensive review,” *European Journal of Operational Research* , vol. 177, nº 1, pp. 1-21, 2007.
- [11] J. P. L. Barbosa, “Armazém de expedição: diagnóstico e outsourcing Distebe, S.A.,” Relatório de Estágio Curricular do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial , Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.
- [12] R. H. Ballou, *Business Logistics: Supply Chain Management*, Pearson Education , 2004.
- [13] H. P. Rebelo, “Gestão de Armazéns - O caso da Esmaglass Portugal S. A.,” Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial , Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro, 2009.
- [14] J. J. Bartholdi e S. T. Hackman, “Warehouse & Distribution Science,” *The Supply Chain and Logistics Institute School of Industrial and Systems Engineering*, Georgia Institute of Technology , 2011.
- [15] M. V. C. Bello, “Otimização da logística e distribuição de armazéns: caso de aplicação numa empresa de garrafas de vidro - Barbosa e Almeida Vidros,” Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial , Instituto Superior Técnico , 2011.

- [16] J. A. Tompkins, J. A. White, Y. Bozer e J. M. A. Tanchoco, *Facilities Planning*, Wiley, 2010.
- [17] N. M. B. T. Jesus, “Programação da produção: otimização de layouts industriais,” Dissertação de Mestrado em engenharia e Gestão Industrial , Instituto Superior de Engenharia do Porto , 2017.
- [18] A. Drira, H. Pierreval e S. Hajri-Gabouj, “Facility layout problems: a survey,” *Annual Reviews in Control* , vol. 31, nº 2, pp. 255-267, 2007.
- [19] M. Rosínska e N. Chillara, “Layout design planning of a logistics: a study on space utilization after merger of two warehouses,” Master of Science Thesis in the Supply Chain Management and Production Engineering Programme, Chalmers University of Technology , 2017.
- [20] J. P. Berg e W. H. M. Zijm, “Models for warehouse management: classification and examples,” *International Journal of Production Economics* , vol. 59, pp. 519-528, 1999.
- [21] D. V. C. D'Alva, “Otimização da Operação de Picking em Armazéns,” Dissertação de Mestrado em Logística , Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto , 2015.
- [22] Y. Gong, “Stochastic Modelling and Analysis of Warehouse Operations,” Tese de Doutoramento , Universidade de Roterdão , 2009.
- [23] J. Gu, M. Goetschalckx e L. F. McGinnis, “Research on warehouse design and performance evaluation: a comprehensive review,” *European Journal of Research* , vol. 203, nº 3, pp. 539-549, 2010.
- [24] R. Koster, T. Le-Duc e K. J. Roodbergen, “Design and control of warehouse order picking: a literature review,” *European Journal of Operational Research*, vol. 182, nº 2, pp. 481-501, 2007.
- [25] G. F. C. Pocinho, “Análise e melhoria do processo de order-picking num sistema produtivo: caso de estudo,” Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa , 2013.
- [26] J. L. F. Gonçalves, “Análise e implementação de um modelo lean na gestão de armazém,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto , 2018.
- [27] M. Hompel e T. Schmidt, *Warehouse management and organisation of warehouse an order picking systems*, Verlag Berlin Heidelberg : Springer, 2007.
- [28] H. B. Ackerman, *Practical handbook of warehousing*, London: Chapman & Hall, 1997.
- [29] F. Ramos, “Melhoria da atividade de picking - um caso de estudo na distribuição de peças para veículos automóveis,” Dissertação de Mestrado em Logística , Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto , 2016.
- [30] D. F. D. Santos, “Eficiência do Picking,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial e Gestão , Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2015.

- [31] G. Dukic, V. Cesnik e T. Opetuk, “Order-picking methods and technologies for greener warehousing,” vol. 52, nº 1, pp. 23-31, 2010.
- [32] C. G. Petersen, “An evaluation of order picking policies for mail order companies,” *International Journal of Production and Operations Manager*, vol. 9, nº 4, pp. 319-335, 2000.
- [33] J. F. M. Furtado, “Definição do layout para gestão do armazém do produto acabado da Sakthi Portugal S.A.,” Dissertação de Mestrado em Engenharia de Gestão Industrial , Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro , 2015.
- [34] F. M. Marques, “Otimização do armazém de matérias primas,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial e Gestão , Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto , 2015.
- [35] P. J. M. Magalhães, “Otimização dos processos de armazenagem e expedição,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica , Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto , 2011.
- [36] G. M. L. C. Besugo, “Gestão de um armazém de produtos não perecíveis - caso de estudo,” Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial , Universidade Nova de Lisboa , 2011.
- [37] D. I. F., “Melhoria de um armazém de produto acabado,” Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial , Universidade de Aveiro , 2016.
- [38] D. M. P. Branco, “Análise e melhoria de processos de um armazém: caso de estudo,” Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial , Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa , 2013.
- [39] J. C. M. Leonardo, “Contributos para o dimensionamento de um armazém: caso de estudo na Nutriceal Foods,” Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial , Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa , 2015.
- [40] [Online]. Available: [https://www.rajapack.pt/equipamento-para-armazem/manutencao-transporte-carga/porta-paletes/porta-paletes-manual-2500kg\\_OFF\\_ES\\_0584.html](https://www.rajapack.pt/equipamento-para-armazem/manutencao-transporte-carga/porta-paletes/porta-paletes-manual-2500kg_OFF_ES_0584.html). [Acedido em 26 Março 2019].
- [41] [Online]. Available: <https://toyota-forklifts.com.pt/produtos-e-servicos/produtos/tratores-de-reboque/>. [Acedido em 26 Março 2019].
- [42] [Online]. Available: [https://toyota-forklifts.com.pt/produtos-e-servicos/produtos/porta-paletes-eletricos/?gclid=EA1aIQobChMIg-3t\\_YW04QIV1PhRCh3oLgCPEAAAYAiAAEgLJyFD\\_BwE](https://toyota-forklifts.com.pt/produtos-e-servicos/produtos/porta-paletes-eletricos/?gclid=EA1aIQobChMIg-3t_YW04QIV1PhRCh3oLgCPEAAAYAiAAEgLJyFD_BwE). [Acedido em 26 Março 2019].
- [43] G. Richards, *Warehouse management: a complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse*, London : Kogan Page Limited , 2011.
- [44] [Online]. Available: [https://toyota-forklifts.com.pt/produtos-e-servicos/produtos/empilhadores-eletricos-contrabalancados/?gclid=EA1aIQobChMIiYi-rYiO4QIVVPhRCh1j4Q2CEAAAYBCAAEgJhJfD\\_BwE](https://toyota-forklifts.com.pt/produtos-e-servicos/produtos/empilhadores-eletricos-contrabalancados/?gclid=EA1aIQobChMIiYi-rYiO4QIVVPhRCh1j4Q2CEAAAYBCAAEgJhJfD_BwE). [Acedido em 26 Março 2019].

- [45] M. A. P. Rodrigues, “Sistemas de informação para a logística: análise e seleção,” Dissertação de Mestrado em Sistemas de Informação de Gestão , Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Coimbra , 2013.
- [46] “Sistemas integrados de gestão empresarial: estudos de casos de implementação de sistemas ERP,” Dissertação de Mestrado em Administração , Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo , 2000.
- [47] A. R. G. Grego, “Gestão de stocks e armazém de matérias primas,” Dissertação de Mestrado em Logística , Instituto Politécnico do Porto , 2014.
- [48] A. L. F. Mesquita, “WebComercial - Software de Consulta Web para Funcionários Externos,” Tese de Mestrado em Sistemas de Informação para as Organizações , Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu , 2011.
- [49] P. M. F. Alves, “Reorganização de armazém numa empresa prestadora de serviços na área de reabilitação de edifícios,” Tese de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial , Escola de Engenharia da Universidade do Minho , 2012.
- [50] J. A. Tompkins e J. D. Smith, The warehouse management handbook, Estados Unidos da América : Tompkins Press , 1998.
- [51] N. M. S. Dionísio, “A importância da implementação da gestão e metodologia lean num operador logístico,” Dissertação de Mestrado em Ciências Empresariais no Ramo de Gestão Logística , Instituto Politécnico de Setúbal , 2013.
- [52] R. L. S. B. Silva, “Melhoria do sistema de gestão de stocks da FUTE - Fábrica de Utilidades de Tubo, SA,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica , Instituto Superior de Engenharia do Porto , 2015.
- [53] F. J. N. Serra, “Aplicação de princípios lean ao desenho de layouts em empresas de setores tradicionais,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial e Gestão , Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto , 2014.
- [54] [Online]. Available: <http://www.marsil.pt/sobre.html>. [Acedido em 20 Março 2019].
- [55] A. A. C. Moreira, “Otimização das condições de operação de uma indústria gráfica,” Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica , Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2017.
- [56] S. Sandal, “Staging approaches to reduce overall cost in a crossdock environment,” Master's thesis, University of Missouri, Columbia, 2005 .
- [57] I. F. A. Vis e K. J. Roodbergen, “Positioning of goods in a cross-docking environment,” Computers & Industrial Engineering, 2008, pp. 677-689.
- [58] M. C. S. G. Horta, “Otimização de Layout de um Armazém de Produtos Perecíveis - O Caso da Jerónimo Martins,” Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Instituto Superior Técnico de Lisboa , 2014.

