# Otimização do Departamento de Expedição numa Fábrica de Embalagens

*Nuno Paulo Castro Areal*

**Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Prof. Dra. Maria João Afonso Gil Pires

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

**Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

2020-07-07

*"Os amadores discutem táticas: os profissionais discutem logística."*

*Napoleão Bonaparte*

# Resumo

O trabalho desenvolvido na empresa Calheiros Embalagens SA, no âmbito do projeto de tese de mestrado, centrou-se na melhoria da logística interna do departamento de expedição.

Tratando-se de um ramo de negócio em que o valor do produto é baixo, qualquer processo mal gerido pode originar um acréscimo do valor final, o que torna a empresa menos competitiva num mercado que é bastante competitivo.

A política de produção seguida pela empresa é de *make-to-order*, ou seja, as encomendas só são produzidas consoante o pedido dos clientes. Assim, o armazém de produto acabado tem a função de armazenar as encomendas até à sua expedição, não sendo expectável a permanência das encomendas em armazém durante um longo período.

Com vista à redução de custos no armazém de produto acabado, quer de forma direta quer indireta, analisaram-se todas as tarefas do departamento. Verificou-se que o *layout* do armazém não dava resposta adequada às necessidades, originando perdas de espaço a nível vertical e perdas de tempo na procura e na movimentação das paletes.

Para uma análise mais rigorosa e aprofundada, procedeu-se à recolha dos dados essenciais da situação de modo a que as propostas apresentadas tivessem uma base de argumentação capaz de convencer a empresa a mudar.

Devido ao facto de a implementação das propostas apresentar diferentes tempos de duração, procedeu-se à sua divisão em medidas de curto prazo e médio/longo prazo.

A principal alteração sugerida diz respeito à modificação do *layout* utilizado, que permitirá um aumento da capacidade de armazenamento, facilitando ainda a movimentação e localização das paletes de produto acabado. Juntamente com a proposta relativa ao embalamento representam as medidas a médio / longo prazo.

Paralelamente, foram desenvolvidas as propostas de alteração da disposição da informação nas etiquetas, do posicionamento mais adequado dos equipamentos de envolvimento de paletes com filme, do mapeamento e da classificação ABC para o armazém e de medidas que permitem um controlo mais eficiente de todas as tarefas.

## Optimization of the Expedition Department in Packaging Factory


### Abstract

The work developed at the company Calheiros Embalagens SA, within the scope of the master's thesis project, focused on improving the internal logistics of the expedition department.

Being a line of business in which the value of the product is low, any poorly managed process can lead to an increase in the final value, which makes the company less competitive in a market that is by itself quite competitive.

The production policy followed by the company is make-to-order, that is, orders are only produced according to customers' requests. Thus, the finished product warehouse is used to store orders until they are dispatched, which means that orders should not remain in the warehouse for a long period.

To reduce costs in the finished product warehouse, either directly or indirectly, all the department's tasks were analyzed. It was found that the warehouse layout did not provide an adequate response to needs, causing vertical space losses and time loss in the search and movement of pallets.

For a more rigorous and in-depth analysis, the essential data of the situation was collected so that the proposals presented had a basis of argument capable of convincing the company to change.

Because the implementation of the proposals has different duration periods, they were divided into short-term and medium/long-term measures.

The main suggested change concerns the modification of the layout used, which will allow an increase in storage capacity as well as facilitate the movement and location of the finished product pallets. Together with the packaging proposal, they represent the medium / long term measures.

At the same time, other proposals were made to change the display of information on labels, to present the most appropriate positioning of pallet wrapping equipment with film, to do the mapping and ABC classification for the warehouse. These measures will allow more efficient control of all tasks.

# Agradecimentos

A realização da tese apresentada não teria sido possível sem o apoio e a colaboração de várias pessoas e entidades, que de uma forma direta ou indireta me apoiaram e contribuíram para a minha evolução, a nível pessoal e profissional. Não sendo exequível mencionar todos os intervenientes, gostaria de especificar os que, de certa forma, tiveram um papel mais direto.

Assim, gostaria de começar por agradecer à minha orientadora, a Professora Dra. Maria João Pires, pela disponibilidade, supervisão e impulso dado em todos os momentos.

Gostaria também de agradecer ao Eng. Marcelo Azevedo pela forma como me recebeu e me apoiou ao longo da minha passagem pela empresa Calheiros Embalagens SA. Foi, sem dúvida, uma presença crucial para a realização de toda a tese.

Agradeço ainda ao Sr. João Calheiros e ao Sr. Carlos Calheiros, administradores da empresa, a oportunidade que me deram de poder desenvolver o meu trabalho na Calheiros Embalagens SA. Deixo também o meu agradecimento a todas as pessoas do Departamento de Expedição, que me receberam e se disponibilizaram sempre para me auxiliar.

Por último, agradeço à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto pelos bons anos que aqui passei, pelo conhecimento adquirido e pelas oportunidades concedidas.

# Índice

1 Introdução ..... 4
1.1 Calheiros Embalagens SA ..... 4
1.2 Enquadramento ..... 6
1.3 Objetivos ..... 7
1.4 Metodologia ..... 7
1.5 Estrutura da dissertação ..... 8
2 Enquadramento Teórico ..... 9
2.1 Logística *Lean* ..... 9
2.2 Princípios fundamentais ..... 10
2.3 Processos de um armazém ..... 11
2.4 Sistemas de localização ..... 12
2.5 Sistemas de armazenagem ..... 13
2.6 Sistema de informação ..... 18
2.7 Design do armazém ..... 19
2.7.1 Classificação ABC ..... 20
2.7.2 Cálculo das áreas ..... 21
2.8 KPIs ..... 23
3 Caso de estudo ..... 25
3.1 Fluxo das paletes ..... 27
3.2 Embalamento ..... 29
3.3 Receção ..... 30
3.4 Armazenamento ..... 32
3.5 Expedição ..... 33
3.6 Pistola de *picking* ..... 34
3.7 Equipamentos ..... 34
3.8 Divisão do espaço ..... 35
3.9 Análise do *stock* ..... 35
3.10 Análise dos carregamentos ..... 36
4 Propostas de melhoria ..... 38
4.1 Curto prazo ..... 38
4.1.1 Etiquetas ..... 38
4.1.2 Disposição dos *blisters* ..... 38
4.1.3 Mapeamento e localização das paletes ..... 39
4.1.4 Classificação ABC ..... 39
4.1.5 Controlo do armazém ..... 40
4.2 Médio/Longo prazo ..... 42
4.2.1 Embalamento ..... 42
4.2.2 *Layout* ..... 42
5 Conclusões ..... 51
Referências ..... 52
ANEXOS ..... 54

# Índice de Figuras

Figura 1 – Organigrama da empresa. ..... 5
Figura 2 – Perfil do cartão ondulado. ..... 5
Figura 3 – Formatos de embalagens produzidas. ..... 6
Figura 4 – Diagrama de Gantt. ..... 7
Figura 5 − Sistema de localização (Carvalho 2012). ..... 13
Figura 6 − Armazenagem por blocos (Hompel and Schmidt 2007). ..... 13
Figura 7 − Armazenagem em *drive-in* e *drive-through* (Mecalux n.d.). ..... 14
Figura 8 − Armazenagem em estante unitária (Mecalux n.d.). ..... 15
Figura 9 − Armazenagem em estante dupla (Warehouse Storage Solutions 2019). ..... 16
Figura 10 − Armazenagem em fluxo de paletes (Mecalux n.d.). ..... 16
Figura 11 − Armazenagem em estantes móveis (Mecalux n.d.). ..... 17
Figura 12 − Armazenagem em prateleiras *push-back* (Mecalux n.d.). ..... 18
Figura 13 − Curva de Pareto (Rushton, Croucher, and Baker 2014). ..... 21
Figura 14 − Planta do armazém. ..... 25
Figura 15 − Fluxo do produto acabado. ..... 28
Figura 16 − Tipos de paletes em armazém. ..... 29
Figura 17 − Quantidade de paletes agrupadas por alturas. ..... 30
Figura 18 − Porta-cargas e *buffer* de receção de paletes. ..... 30
Figura 19 − Posicionamento dos *blisters* e do computador para impressão das etiquetas. ..... 31
Figura 20 – Armazenamento. ..... 32
Figura 21 – Cais. ..... 33
Figura 22 − Empilhadores utilizados. ..... 34
Figura 23 − Porta-paletes utilizado. ..... 34
Figura 24 − Utilização da área de chão do armazém. ..... 35
Figura 25 − Análise da rotatividade. ..... 36
Figura 26 − Horário dos carregamentos. ..... 37
Figura 27 − Disposição dos *blisters* e do computador. ..... 38
Figura 28 − Classificação ABC no *layout* atual. ..... 40
Figura 29 − Proposta de *layout* do cais. ..... 43
Figura 30 − Proposta de *layout* 1. ..... 44
Figura 31 − Proposta de *layout* 2. ..... 45
Figura 32 – Proposta de *layout* 3. ..... 46
Figura 33 − Intervalo de alturas para empilhar. ..... 48

# Índice de Tabelas

Tabela 1 − Vantagens e desvantagens do sistema de armazenagem em blocos (Guedes 2017a). ..... 14
Tabela 2 − Vantagens e desvantagens do sistema de armazenagem *drive-in* e *drive-through* (Guedes 2017a). ..... 15
Tabela 3 − Vantagens e desvantagens do sistema de armazenagem em estante unitária (Guedes 2017a). ..... 15
Tabela 4 − Vantagens e desvantagens do sistema de armazenagem em estante dupla (Guedes 2017a). ..... 16
Tabela 5 − Vantagens e desvantagens do sistema de armazenagem em fluxo de paletes (Guedes 2017a). ..... 17
Tabela 6 − Vantagens e desvantagens do sistema de armazenagem em estante móvel (Guedes 2017a). ..... 17
Tabela 7 − Vantagens e desvantagens do sistema de armazenagem em prateleiras *push-back* (Mecalux n.d.). ..... 18
Tabela 8 − Comparação entre código de barras e RFID (Adaptado de White et al. 2007). ..... 19
Tabela 9 − Funções e respetivos horários. ..... 26
Tabela 10 − Dados do *layout* atual. ..... 35
Tabela 11 − Classificação da rotatividade. ..... 36
Tabela 12 − Lugares por classificação. ..... 39
Tabela 13 – Caracterização do *layout* atual. ..... 42
Tabela 14 – Caracterização da proposta 1. ..... 44
Tabela 15 − Lugares por classificação (*layout* 1). ..... 45
Tabela 16 – Caracterização da proposta 2. ..... 45
Tabela 17 − Lugares por classificação (*layout* 2). ..... 46
Tabela 18 – Caracterização da proposta 3. ..... 47
Tabela 19 − Lugares por classificação (*layout* 3). ..... 47
Tabela 20 − Comparação de propostas. ..... 47
Tabela 21 − Capacidade máxima das propostas. ..... 48
Tabela 22 − Preço por palete. ..... 49
Tabela 23 − Movimentações das propostas 1 e 3. ..... 50
Tabela 24 − Valores das movimentações. ..... 50

# 1 Introdução

Neste capítulo é feito um enquadramento do tema da dissertação: *Otimização do Departamento de Expedição numa Fábrica de Embalagens*. O referido trabalho de otimizão teve lugar na empresa Calheiros Embalagens SA e realizou-se no âmbito da Especialização em Gestão da Produção, referente ao Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

A Calheiros Embalagens centra toda a sua atividade na produção de embalagens com impressão *offset*, um produto com baixo valor comercial. Nesse sentido, um aumento da eficiência das operações logísticas permitirá uma redução das tarefas e das movimentações que não acrescentam valor ao produto. Consequentemente, o custo associado é reduzido e a empresa tornar-se-á mais competitiva no mercado existente. Algumas medidas como a implementação de boas práticas, a organização dos espaços físicos e a execução correta das tarefas podem assumir-se como melhorias nos processos e na sua eficiência.

Os principais pilares da dissertação são o *layout*, a performance/eficiência e os processos.

## 1.1 Calheiros Embalagens SA

A Calheiros Embalagens SA teve a sua origem em 1968. Nessa altura, a empresa dedicava-se exclusivamente à tipografia. Durante o ano de 1972, a atividade alargou-se também ao fabrico de embalagens em cartolina. Com o passar dos anos, a empresa começou a ampliar a oferta de produtos até que, atualmente, toda a sua atividade está centralizada na produção de embalagens de cartolina ou cartão ondulado com impressão *offset*.

A empresa está sediada em Ermesinde, numa área de produção de 9.000 m² e 3.000 m² de armazém de matéria-prima e produto acabado.

A Calheiros Embalagens tem como objetivo produzir e desenvolver soluções de embalagens impressas, com qualidade, inovação e tecnologia, satisfazendo todos os intervenientes no processo e implementando estratégias que minimizem o impacto ambiental decorrentes dos processos de fabrico adotados. Para cumprir esta missão, a empresa encontra-se certificada na "Fabricação de embalagens litografadas em cartolina e cartão" e assume uma política de melhoria contínua, tendo em vista a otimização do desempenho do sistema de gestão integrado, certificado desde 2003 em qualidade, ambiente e segurança (ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001).

Ser reconhecida como líder do mercado no seu ramo de negócio é a visão defendida pela empresa.

A empresa encontra-se organizada por funções, como se pode ver no organigrama apresentado na Figura 1, e conta atualmente com 130 colaboradores.

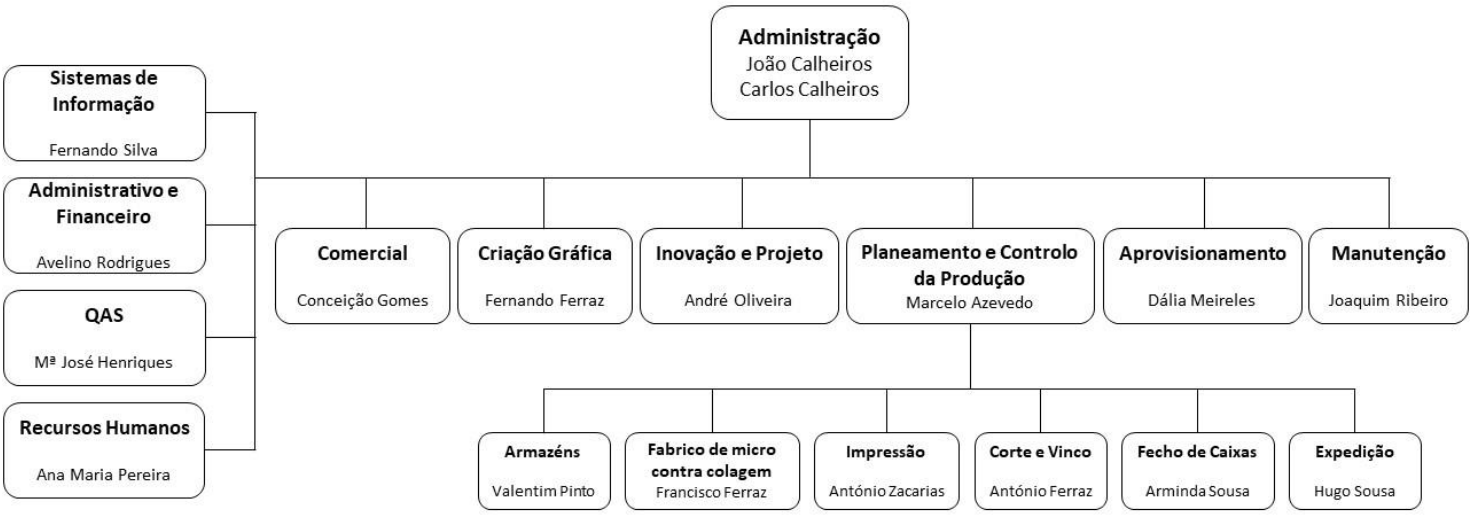



Figura 1 – Organigrama da empresa.

## Produto

A produção de embalagens com impressão *offset* pode ser realizada com diferentes tipos de matérias-primas: canal B, canal E e canal F. Estes três tipos de matérias-primas variam entre si no passo e altura da onda (Figura 2). Existem ainda os canais duplos BB e BE e o canal reforçado. Trata-se da junção de duas ondas iguais ou distintas, dependendo do pretendido.

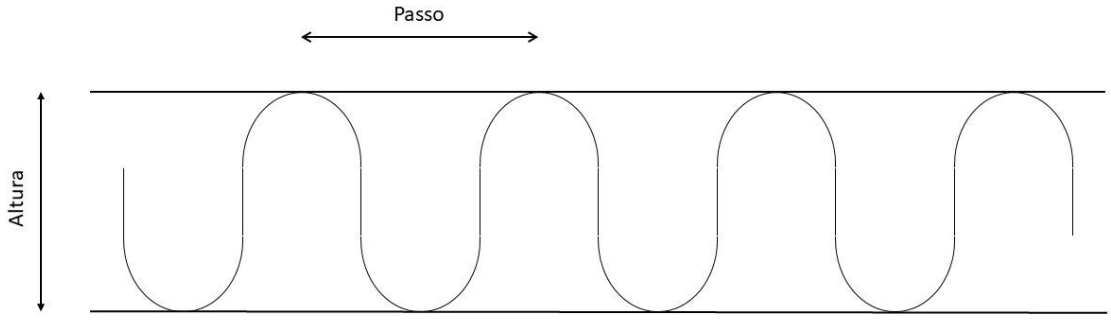



Figura 2 – Perfil do cartão ondulado.

Os produtos desenvolvidos podem assumir diferentes formatos e características, de acordo com o estipulado com o cliente. Na Figura 3, é possível visualizar alguns dos formatos produzidos pela Calheiros Embalagens.



Figura 3 – Formatos de embalagens produzidas.

## 1.2 Enquadramento

O trabalho desenvolvido decorreu no departamento de expedição da empresa, que reporta ao departamento de planeamento e controlo da produção, constituído por: um responsável, que planeia as encomendas e os camiões a carregar no dia, executando adicionalmente tarefas de armazém; dois colaboradores de armazém e dois motoristas (um dedicado exclusivamente ao transporte das encomendas aos clientes e o segundo que divide o seu horário de trabalho entre o transporte de encomendas e as tarefas em armazém).

A função deste departamento na empresa prende-se com o objetivo de satisfazer a qualidade e os horários das encomendas expedidas consoante o pretendido pelos clientes. Para ajudar a concretizar esse objetivo, a empresa dispõe de um armazém de produto acabado capaz de armazenar, durante o tempo necessário, as encomendas.

O desenvolvimento do presente projeto deve-se à necessidade de melhorias no armazém de produto acabado, que demonstra falhas na localização das paletes no momento do *picking,* o que dá origem a um aumento do tempo de preparação das encomendas e das distâncias percorridas. Contudo, existem outros problemas como o extravio e perda das paletes e ainda diferenças nas quantidades de paletes enviadas e faturadas, erros provenientes de uma deficiente organização da zona de preparação de encomendas e, muitas vezes, de a uma não preparação dessa mesma carga.

## 1.3 Objetivos

Com este projeto pretendeu-se atingir objetivos que otimizem os processos realizados pelo departamento de expedição no armazém de produto acabado. Esses objetivos são:

- Eliminar deslocações desnecessárias de carga
- Diminuir tempos de cargas
- Maximizar o acesso a todos os produtos
- Localizar todas as paletes presentes no armazém

Cada um destes aspetos foi analisado através do mapeamento dos processos em questão, que, por sua vez, apoiou a definição de um *layout* mais eficiente para o armazém.

## 1.4 Metodologia

O projeto teve início com uma fase de apresentação da empresa, do produto fabricado e dos colaboradores. Seguiu-se uma contextualização do problema que deu origem a esta dissertação, assim como uma observação no terreno de todos os processos realizados pelo departamento de expedição no armazém de produto acabado.

Depois do período inicial de integração na empresa, teve lugar a investigação do estado de arte relacionado com o tema da dissertação – *lean* / *design* e processos de armazéns – e a procura de soluções possíveis para os problemas encontrados.

O conhecimento obtido na revisão da literatura e a integração na empresa permitiram estruturar a abordagem a seguir. Primeiro, começou-se por uma definição dos KPIs mais adequados à situação encontrada, assim como uma estruturação da informação necessária para os poder acompanhar.

De seguida, obtiveram-se os dados necessários para analisar os KPIs definidos e realizou-se uma caracterização do estado atual, através da elaboração da planta do armazém e da análise das características dos produtos armazenados.

Por fim, foram elaboradas as propostas de melhoria dos processos e do *layout* do armazém.

Na figura seguinte é possível ver o diagrama de Gantt com a duração de cada fase da dissertação.

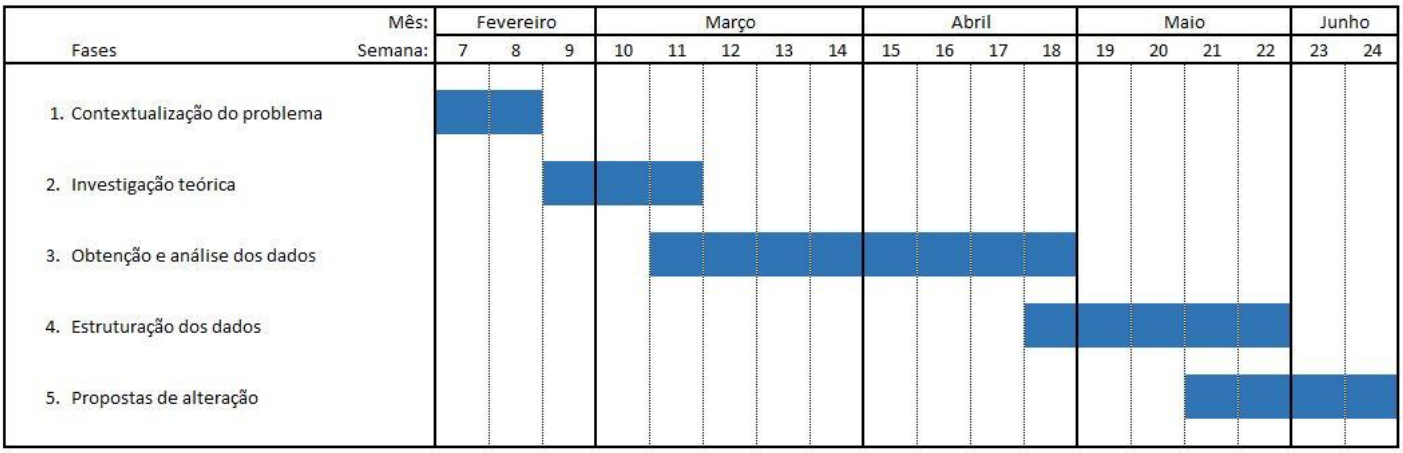



Figura 4 – Diagrama de Gantt.

## 1.5 Estrutura da dissertação

O presente documento encontra-se dividido em cinco capítulos.

Neste capítulo introdutório foi efetuado um enquadramento do tema da dissertação e da empresa onde o projeto foi implementado. Neste primeiro capítulo foram ainda apresentados os objetivos pretendidos.

No segundo capítulo, é apresentada uma revisão da literatura sobre os temas relacionados com o armazém, como os princípios fundamentais, os processos realizados, os sistemas de localização, de armazenagem e de informação, os *designs* e os KPIs utilizados. Estes tópicos serviram de base à realização do projeto.

O terceiro capítulo integra a descrição da situação inicial, dos processos realizados no armazém em estudo e dos problemas encontrados.

No quarto capítulo são apresentadas as propostas de melhoria desenvolvidas, o processo de implementação das mesmas e os resultados estimados. As medidas estão dividas em curto e médio/longo prazo.

Por fim, no quinto capítulo constam as conclusões da dissertação e que abrangem quer os sucessos obtidos quer as dificuldades sentidas durante o período de desenvolvimento do trabalho.

# 2 Enquadramento Teórico

A logística consiste no *"(…) processo de planear, implementar e controlar, de forma eficaz e a baixo custo, os fluxos e a armazenagem de matéria-prima, dos em-curso-de-fabrico e dos produtos acabados e toda a informação associada desde o ponto de origem ao ponto de consumo, de forma a satisfazer os requisitos do serviço a clientes"*. Assim é definida pela Council of Logistics Management, uma das organizações mais conceituadas na área da logística (Guedes 2017b).

A evolução da logística, a partir do século XX, está associada ao crescimento de outros setores, como a economia. Na verdade, a inovação na logística deveu-se à necessidade de aumentar a competitividade das empresas e melhorar o serviço aos clientes, o que originou uma mudança de paradigma, sobretudo aquando da descoberta de que o investimento nesta área trazia às empresas vantagens competitivas, conduzindo a um excelente compromisso entre custo, prazos e qualidade (Campos 2010).

Em suma, o principal objetivo da logística consiste em *"fornecer o produto certo no preço, no tempo e no lugar certo, sem erro, com consistência com o passar do tempo"* (Campos 2010).

A gestão de uma empresa envolve decisões a nível operacional, tático e estratégico.

O nível operacional gere as operações de modo a garantir a entrega pontual do produto final aos clientes. Este nível é programado diariamente, tendo em consideração as operações a realizar (Schmidt and Wilhelm 2000).

O nível tático gere políticas de fluxo de material, incluindo níveis de produção em todas as plantas, políticas de montagem, níveis de stock e tamanhos de lotes. Lida com um horizonte de planeamento de seis a vinte e quatro meses (Schmidt and Wilhelm 2000).

O nível estratégico projeta a rede logística, incluindo a localização das instalações, tecnologias de produção e capacidade da planta. O seu planeamento deve abranger um horizonte de dois a três anos, pois são necessários longos prazos para construir plantas e instalar equipamentos (Schmidt and Wilhelm 2000). Como tal, o *design* do armazém enquadra-se neste nível por se tratar de uma decisão com vista a abranger um longo horizonte de tempo.

## 2.1 Logística *Lean*

É um termo que surge na Toyota Motor Company, pela mão de Taiichi Ohno, e pretende demonstrar uma filosofia de liderança e gestão que envolve toda a organização e que assenta numa filosofia contínua, cíclica e com o objetivo da perfeição (Shingo 2000).

A logística *lean* apresenta-se como a habilidade de planear, gerir, controlar e realizar as operações logísticas, como as movimentações e as localizações dos produtos, dos trabalhos em execução e dos *stocks*, de forma eficiente e eficaz (Melo 2016).

A junção dos conceitos logística e *lean* é bastante recente e surgiu devido à preocupação de reduzir custos logísticos. Muitas empresas, porém, consideram a logística apenas como uma forma de reduzir custos de mão de obra e equipamento e não como uma forma de acrescentar valor ao serviço prestado, através da aplicação de mudanças de processos e/ou aplicação de tecnologia.

Com o objetivo da perfeição, diminuindo os desperdícios, foram desenvolvidas ferramentas e técnicas *lean*. Segundo Rother e Shook (1999), *"onde quer que exista um produto para um cliente, existe uma cadeia de valor"*. Nesse contexto, surgiu o Value Stream Mapping (VSM), uma técnica de mapear o fluxo de materiais e informação nos processos organizacionais. Esta ferramenta é usada para analisar graficamente onde se encontram os processos que acrescentam

valor ao produto, identificando assim as fontes de desperdício. A aplicação do VSM é feita em quatro fases (Rother and Shook 1999):

1. Definir o produto ou família de produtos a analisar
2. Mapear o estado atual do processo
3. Criar o mapa futuro
4. Implementar

Numa empresa, existem sete tipos de desperdícios a serem eliminados:

- Excesso de produção
- Tempos de espera
- Transportes e movimentações
- Excesso de processamento
- *Stocks*
- Defeitos
- Trabalho desnecessário

## 2.2 Princípios fundamentais

Existem princípios que ajudam a melhorar a utilização de um armazém a nível de espaço e do manuseamento dos produtos (Guedes 2017a). Vejamos alguns.

1. Definir a unidade de carga mais apropriada, tipo (paletes de madeira, plástico ou metal; caixas plásticas ou de cartão; contentores) e tamanho. A utilização da carga apropriada permite:
    a. Manusear mais quantidades e minimizar deslocações
    b. Utilizar equipamento *standard* para o manuseamento e armazenamento
    c. Reduzir tempos de carregamento
    d. Diminuir o risco de produtos estragados

2. Otimizar o espaço, pois o custo das instalações é pesado nos custos totais. Para isso, devemos considerar:
    a. Suprimir stocks obsoletos
    b. Minimizar stocks
    c. Utilizar espaço do armazém em altura, para além do nível do chão
    d. Minimizar locais de passagem e pontos mortos
    e. Localizar de forma eficiente o *stock* existente

3. Minimizar deslocações, levando a uma diminuição dos custos. Para tal, é necessário ter em conta aspetos importantes no *layout* do armazém, como:
    a. Localizar produtos consoante a sua procura
    b. Separar produtos para *picking* e para *stock*
    c. Utilizar equipamento adequado
    d. Definir rotas de deslocação

4. Controlar os movimentos e localizações dos produtos para uma gestão mais eficaz.
5. Garantir proteção contra acidentes e segurança, para evitar roubos e estragos, assim como um ambiente apropriado para as pessoas, produtos e equipamentos.

Todos estes princípios tornam o sistema mais eficiente, minimizando o custo global (edifícios, uso das instalações, mão-de-obra e equipamentos).

## 2.3 Processos de um armazém

Há quatro operações essenciais que decorrem num armazém desde que a matéria prima é rececionada até que o produto final é expedido.

- **Receção:** é a etapa que consiste em receber o produto no armazém, dando entrada no sistema da receção do produto. Segue-se uma confirmação para verificar se o produto se encontra em conformidade com as especificações pretendidas pelo cliente (tipo, quantidade e qualidade). Por fim, destina-se ao produto a localização que lhe é indicada (Bello 2011; Santo 2008; Frazelle 2002).
- **Arrumação:** consiste na atividade de transportar o produto até à sua posição de armazenamento. Esta etapa é muitas vezes caracterizada por longas trajetórias, especialmente em armazéns com um sistema de armazenagem aleatório, podendo este problema ser resolvido com a otimização do *layout* do armazém, assim como do planeamento das trajetórias a realizar (Bello 2011; Frazelle 2002; Liebeskind 2005).
- ***Picking/Order Picking*:** refere-se à preparação das encomendas através da seleção e da recolha dos produtos pretendidos pelo cliente. Por se tratar da atividade mais dispendiosa a nível de tempo e de custo em armazém, deve-se atender ao posicionamento dos produtos, ao fluxo de informação e à documentação (Batista 2016; Santo 2008).
    - **Produto:** ter em conta a rotatividade do produto (localizações mais fáceis para os produtos com maior rotação); organizar os pedidos pela sua localização (organizar o *picking* pela proximidade e acessibilidade, com o intuito de minimizar deslocações); implementar um sistema de localização dos produtos (através de endereços ou esquemas, para reduzir tempos de procura do produto); não contar o produto aquando a sua separação (Santo 2008).
    - **Documentação:** utilizar documentos de fácil leitura e interpretação (apenas informação essencial como localização, descrição e quantidade); eliminar documentos em papel (eliminar potenciais erros humanos com a utilização de leitores de códigos de barras) (Santo 2008).

As novas apostas, na logística, centram-se precisamente na melhoria do processo de *picking*, por se tratar do processo com maior potencial de melhoria.

- **Expedição:** é o ultimo processo realizado em armazém e corresponde ao envio dos produtos encomendados pelos clientes, abrangendo algumas tarefas como verificar se os produtos encomendados se encontram prontos e com a qualidade necessária para expedir, tratar das guias de remessa ou guias de transporte e, muitas vezes, do carregamento do camião (Bello 2011; Frazelle 2002).

A procura por processos mais eficientes leva a uma melhoria contínua que abrange todos os setores de uma empresa. Muitas dessas melhorias podem ser obtidas através de uma mera simplificação dos processos já existentes. Uma melhoria na eficiência levará a uma diminuição dos custos que, em setores muito competitivos ou de baixo valor comercial, poderá apresentar-se como uma vantagem relativamente à forte concorrência existente no mercado.
Embora todos os armazéns apresentem as suas particularidades, todos funcionam de acordo com os processos apresentados anteriormente.

## 2.4 Sistemas de localização

Uma política de atribuição de localizações de armazenamento eficaz pode reduzir os tempos de viagem para armazenamento e *picking* (Berg and Zijm 1999). Eis alguns exemplos de sistemas de localização:

- **Localização fixa:** cada espaço do armazém está reservado unicamente para um determinado produto. Trata-se de um sistema que não necessita de um código de localização caso existam poucas referências em armazém. Porém, requer um dimensionamento para acomodar o *stock* máximo do produto, o que levará a uma falta de eficiência na ocupação do espaço, pois raramente são atingidos os *stocks* máximos (Guedes 2017a; D'Alva 2015).
- **Localização aleatória/dinâmica:** não existe nenhum local destinado ao produto, sendo-lhe atribuído um espaço vago existente no armazém, naquele instante. Este método permite que uma referência esteja localizada em locais distintos, por isso, obriga a um mapeamento exato do armazém (referências e quantidades) que deve ser atualizado sempre que existe uma mudança de localização. Este sistema permite também uma utilização mais eficiente do espaço do armazém, eliminando os espaços vazios e adaptando-se melhor às alterações da quantidade de *stock* a armazenar. No entanto, o facto de uma referência possuir diferentes localizações pode conduzir a elevadas distâncias percorridas na preparação de uma encomenda (Guedes 2017a; D'Alva 2015).

A localização fixa requer mais espaço do que a localização aleatória, porém o acesso aos produtos é mais fácil (Guedes 2017a).

- **Localização mista:** tenta abranger o melhor dos dois mundos (localização fixa e aleatória). A zona de armazenagem é dividida segundo um requisito pré-estabelecido e dentro dessas divisões as referências são armazenadas consoante os espaços vagos.

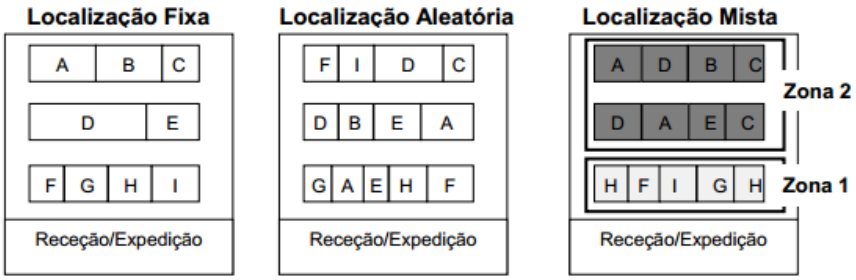



Figura 5 − Sistema de localização (Carvalho 2012).

## 2.5 Sistemas de armazenagem

A primeira decisão que deve ser tomada aquando da criação de um armazém funcional e organizado recai na escolha dos sistemas de armazenamento a utilizar. Estes refletem um grande investimento de capital e, dependendo do design e da forma como esses sistemas se encaixam na planta e nos processos do armazém, podem ajudar ou prejudicar o rendimento (Stazzone 2020).

Existindo, nos dias de hoje, inúmeras opções de sistemas de armazenamento para um armazém, é fundamental conhecer as diferentes alternativas, para assim escolher a opção que melhor se enquadra ao que se pretende.

- **Blocos:** as paletes são colocadas diretamente no chão, com a possibilidade de colocar umas paletes sobre as outras. Esse empilhamento está limitado às características do produto (peso e estabilidade do material) e do próprio armazém (altura do armazém) (Guedes 2017a).
  Existe ainda a possibilidade da utilização de estruturas de armação portáteis que permitem o empilhamento, independentemente do material (Bello 2011).

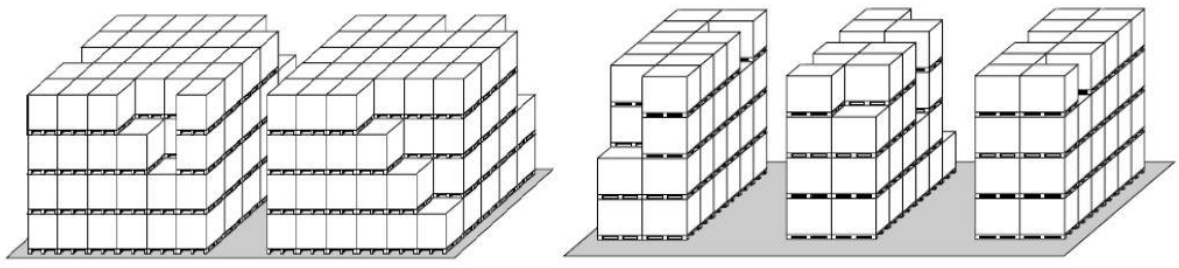


Figura 6 − Armazenagem por blocos (Hompel and Schmidt 2007).

| Vantagens | Desvantagens |
|---|---|
| + Baixo Custo | - Limitações na utilização do espaço em altura |
| + Não requer equipamento | - Possível existência de muitos espaços vazios |
| + Boa utilização do espaço na horizontal | - É FILO e não FIFO |
| + Simples de controlar | - Acesso livre apenas às paletes da frente e de cima |
| + Utilização mesmo para elevados níveis de atividade/fluxo | |

Tabela 1 − Vantagens e desvantagens do sistema de armazenagem em blocos (Guedes 2017a).

É utilizado para um número limitado de linhas de produtos e/ou para uma elevada quantidade de *stock* (Guedes 2017a).

Uma decisão fundamental quando se armazena as paletes em blocos é a seleção da profundidade das filas de forma a equilibrar a utilização de espaço e a facilidade de operações de armazenamento e *picking*. É benéfico armazenar diferentes produtos em diferentes profundidades da fila. O *layout* do armazém que maximiza a eficiência do armazenamento é diferente daquele que minimiza as distâncias percorridas (Gu, Goetschalckx, and McGinnis 2010).

- ***Drive in / Drive through*:** consiste numa estrutura metálica com braços longitudinalmente colocados a vários níveis independentes para suportarem as paletes. A colocação das cargas é feita a uma baixa velocidade (Guedes 2017a). A principal diferença entre *drive in* e *drive through* está nos acessos: no *drive in* apenas é possível aceder às paletes que se encontram mais a frente; no *drive through* existe acesso por ambos os lados, permitindo um armazenamento FIFO (Bello 2011).

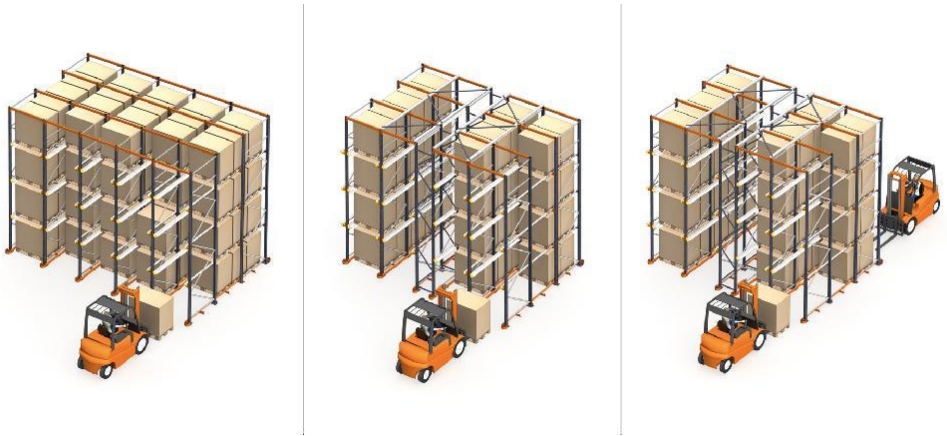


Figura 7 − Armazenagem em *drive-in* e *drive-through* (Mecalux n.d.).

| Vantagens | Desvantagens |
|---|---|
| + Melhor utilização do espaço em altura do que o empilhamento em bloco | - Estrutura pouco rígida |
| | - Condições de segurança precárias para os condutores; a segurança depende da precisão dos seus movimentos |

Tabela 2 − Vantagens e desvantagens do sistema de armazenagem *drive-in* e *drive-through* (Guedes 2017a).

- **Estantes de profundidade unitária:** este sistema consiste numa estrutura metálica em forma de estante que suporta cargas unitárias. Apresenta versatilidade na arrumação, permitindo o acesso a todas as paletes armazenadas (Bello 2011). Este é o sistema básico mais utilizado e pode atingir até, aproximadamente, 8m de altura (Guedes 2017a).

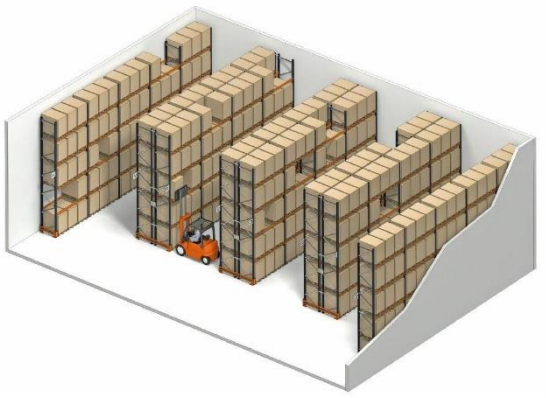


Figura 8 − Armazenagem em estante unitária (Mecalux n.d.).

| Vantagens | Desvantagens |
|---|---|
| + Custo relativamente baixo | - Um corredor de passagem permite acesso a somente duas linhas de estantes |
| + Versatilidade – pode ser ajustável aos vários tamanhos de paletes | - A utilização do espaço é muito baixa |
| + Acesso imediato a todas as posições de *stock* | - Alturas elevadas requerem um chão perfeitamente plano |
| + Utilização de sistemas simples de localização | |
| + Seleção de encomendas nos dois níveis mais baixos | |

Tabela 3 − Vantagens e desvantagens do sistema de armazenagem em estante unitária (Guedes 2017a).

Este sistema é utilizado quando existe um baixo nível de *stock* de cada linha de produtos/artigos e/ou o acesso direto a todas as posições de palete é necessário (Guedes 2017a).

- **<u>Estantes de dupla profundidade:</u>** a construção é idêntica à estante de profundidade unitária, mas apresenta duas posições em profundidade, diminuindo em 50% a perda de espaço em corredores, o que torna o armazenamento mais eficiente (Guedes 2017a; Bello 2011).

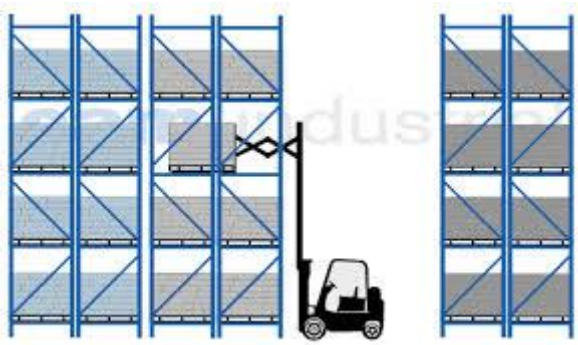


Figura 9 − Armazenagem em estante dupla (Warehouse Storage Solutions 2019).

| Vantagens | Desvantagens |
|---|---|
| + Melhor utilização do espaço | - Perda do FIFO |
| | - Necessidade de empilhadores com garfos telescópicos |
| | - Perda do acesso direto a algumas posições de *stock* |

Tabela 4 − Vantagens e desvantagens do sistema de armazenagem em estante dupla (Guedes 2017a).

É utilizado quando existem pelo menos duas paletes de *stock* por cada artigo (Guedes 2017a).

- **<u>Prateleiras de fluxo de paletes:</u>** é um sistema dinâmico de paletes, com uma estrutura metálica inclinada e com rolos que permite, por gravidade, as paletes chegarem de um extremo ao outro da estrutura (Guedes 2017a; Bello 2011). Quando uma carga é retirada, as outras assumem a posição acessível (Bello 2011).

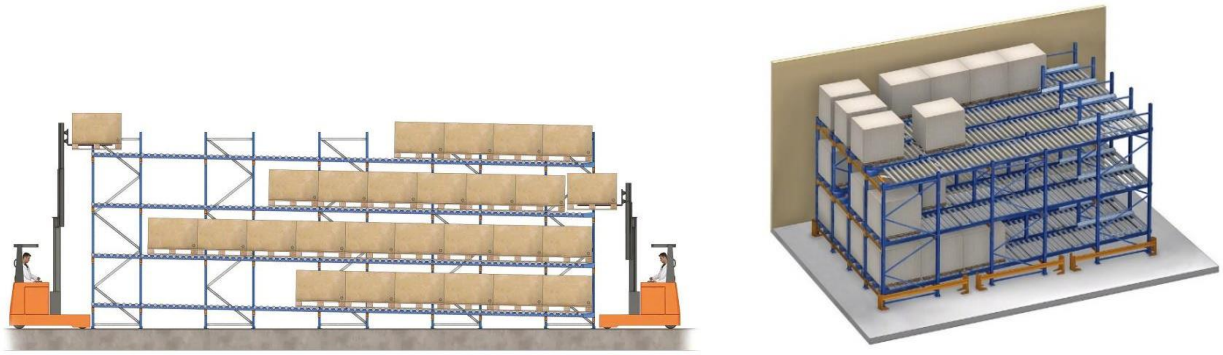


Figura 10 − Armazenagem em fluxo de paletes (Mecalux n.d.).

| Vantagens | Desvantagens |
|---|---|
| + Uma face pode ser utilizada para a seleção de encomendas e a outra para a reposição de *stock* | - Custo elevado |
| + Rotação automática do stock | - A utilização do espaço pode não ser elevada |
| + FIFO | |

Tabela 5 − Vantagens e desvantagens do sistema de armazenagem em fluxo de paletes (Guedes 2017a).

É utilizado quando existe uma elevada atividade/fluxo por artigo ou linha de produto (Guedes 2017a).

- **Estantes móveis:** consiste em estantes montadas sobre bases móveis guiadas que se deslocam lateralmente, diminuindo assim o espaço para todos os corredores que seriam necessários (Guedes 2017a).



Figura 11 − Armazenagem em estantes móveis (Mecalux n.d.).

| Vantagens | Desvantagens |
|---|---|
| + Boa utilização do espaço | - Custo elevado |
| + Acesso direto a todas as posições | |

Tabela 6 − Vantagens e desvantagens do sistema de armazenagem em estante móvel (Guedes 2017a).

É utilizado quando existe *stock* de baixa rotatividade e/ou elevado número de artigos com baixa frequência de acesso (Guedes 2017a).

- **Prateleiras *push-back*:** constituído por uma armação com trilhos que facilitam o transporte das cargas. Aquando da colocação de uma palete, esta empurra as restantes paletes para trás, libertando espaço para a nova palete (Mecalux n.d.).



Figura 12 − Armazenagem em prateleiras *push-back* (Mecalux n.d.).

| Vantagens | Desvantagens |
|---|---|
| + Ótimo aproveitamento do espaço | - LIFO |
| + Mínima perda de espaço em altura | - Custo elevado |
| + Armazenamento de uma referência distinta em cada nível | |

Tabela 7 − Vantagens e desvantagens do sistema de armazenagem em prateleiras *push-back* (Mecalux n.d.).

## 2.6 Sistema de informação

O mercado exigente e competitivo dos dias de hoje obriga a um controlo mais eficaz por parte das empresas de todo o modelo de negócio, com o intuito de fornecer o melhor serviço possível aos seus clientes. Assim, tendo em conta as instalações e tentando otimizar os processos de armazenamento, a empresa tem de ser capaz de lidar com um mercado ágil e flexível, tornando-se evidente que os armazéns com processos baseados em papel e na utilização máxima do espaço não se encontram habilitados para conseguir atuar num mercado tão versátil e cumprir com os requisitos necessários (Batista 2016).

De forma a facilitar o trabalho no armazém, foram surgindo inúmeras metodologias e sistemas para tornar todo este serviço mais célere e com o menor número de erros possíveis.

Um sistema de gestão de armazéns (WMS) permite o controlo e auxílio a nível operacional de todas as operações realizadas no dia a dia, tornando o armazém numa estrutura mais otimizada no armazenamento dos materiais. A sua utilização permite uma redução de erros, conseguindo-se uma melhor utilização da mão de obra e do espaço, maximizando a produtividade (Batista 2016).

O WMS pode trabalhar independentemente ou integrar-se no sistema de gestão de informação corporativo da empresa (ERP) que suporta o código de barras e o RFID.

- **Código de Barras:** método mais utilizado dentro de armazéns para transmitir informação de elevada importância nas operações logísticas. Trata-se de um sistema simples e ergonómico capaz de recolher informação de forma rápida. Existem dois tipos de códigos de barras, o convencional e o bidimensional (*QRCode*). O bidimensional tem ganho terreno, pois demonstra capacidade de armazenamento de informação em menos espaço (Batista 2016; Richards 2018).
- **RFID (*Radio Frequency Identification*):** consiste em etiquetas de radiofrequência que permitem uma transmissão de informação em tempo real do material em armazém. Este método resulta da constante melhoria das ferramentas de logística com o objetivo de reduzir tempos de trabalho e possíveis erros humanos, tornando, assim, todos os processos mais eficientes (Batista 2016; Richards 2018).

| Código de Barras | RFID |
|---|---|
| Requer linha de visão para ser lido | Não requer linha de visão para ser lido |
| Só pode ser lido individualmente | Podem ser lidas *tags* simultaneamente |
| Não pode ser lido se sujo ou danificado | Suporta ambientes exigentes e sujos |
| Identifica apenas o tipo de artigo | Identifica um artigo específico |
| Não atualiza a informação | Pode ser adicionada nova informação (capacidade de memorizar informação) |
| Requer leitura manual e por isso suscetível ao erro humano | Pode ser lido automaticamente, eliminando o erro humano |

Tabela 8 − Comparação entre código de barras e RFID (Adaptado de White et al. 2007).

## 2.7 Design do armazém

Apresentando-se a logística em armazém como um fator capaz de diferenciar uma empresa no mercado, o *layout* do armazém torna-se essencial para obter um aumento da produtividade do mesmo. O *layout* de um armazém requer bastante sensibilidade aos detalhes de forma a ser possível reduzir tempos de deslocações, ao mesmo tempo que se maximiza o espaço. O desenho ou redesenho implica um grande conjunto de dados e informações, como a projeção de crescimento da empresa para os anos seguintes, o volume de vendas nesse período e possíveis picos que possam ou costumem ocorrer (Richards 2018).
O planeamento do *layout* de armazém tem como principais objetivos (Richards 2018):

- Utilizar ao máximo o espaço
- Movimentar os produtos eficientemente
- Minimizar os custos de armazenamento
- Mostrar flexibilidade
- Facilitar arrumação e limpeza

Segundo um estudo realizado pela universidade de Cranfield, um armazém deve ter 52% da sua área de chão reservada ao armazenamento, 17% usada para operações de *picking*, 16% para a receção e expedição do produto, 8% dedicado a zonas de carregamento, paletes vazias e outras atividades residuais e 7% a outras atividades de valor acrescentado (Richards 2018).

Existem diversas formas de planear os fluxos dos materiais. As situações mais usuais são (Guedes 2017a):

- Fluxo em U: fluxo mais popular, apresentando a receção e expedição do mesmo lado do edifício, garantido uma taxa de utilização das docas mais elevada e facilitando o *cross-docking*.
- Fluxo contínuo: o fluxo do material é em linha reta, possuindo zonas distintas de receção e expedição. Não apresenta congestionamento nas docas, mas exige maiores deslocações.

Existem características nos fluxos dos produtos que implicam diferentes tipos de *layout*. A combinação de diferentes tipos de *layout* pode levar a uma melhor otimização do armazenamento. Assim, os tipos podem ser organizados por (Bello 2011):

- Características do produto: armazenar os produtos por características similares
- Características da encomenda: armazenar consoante as rotas dos produtos
- Fornecedor ou cliente: separar os produtos por clientes ou fornecedores
- Nível de atividade: utilização da classificação ABC, armazenando os produtos com maior rotação mais perto do local da carga e os de menor rotação mais longe
- Método de armazenamento: agregar os produtos pelo tipo de armazenamento (estantes, blocos, etc.)

### 2.7.1 Classificação ABC

A classificação ABC baseia-se na lei de Pareto, também conhecida por regra 80/20, segundo a qual aproximadamente 80% dos efeitos provêm de 20% das causas (Richards 2018). Esta lei é utilizada na logística para identificar os principais elementos de qualquer negócio ou operação. Na maioria das empresas, 20% das linhas de produtos ou dos SKUs (Stock Keeping Units) representam 80% das vendas. Assim, através desta análise é possível identificar um número limitado de elementos-chave que são representativos do negócio principal e concentrar qualquer análise importante nesses 20%. Para além disso, essa análise permite identificar os itens do final da "cauda" da curva, condizentes com 50% dos itens que deveriam sofrer uma racionalização ou até mesmo um eliminação (Rushton, Croucher, and Baker 2014).
Um armazenamento baseado numa classificação e numa política dedicada reduz os tempos médios de viagem, permitindo que os produtos com alta rotação estejam em locais de rápido acesso (Berg and Zijm 1999).
Usando a análise de Pareto, é possível categorizar as linhas de produtos com base em (Rushton, Croucher, and Baker 2014):
A − Alta rotação (aproximadamente 20%)
B − Média rotação (aproximadamente 30%)
C − Baixa rotação e/ou *Stock* obsoleto (aproximadamente 50%)

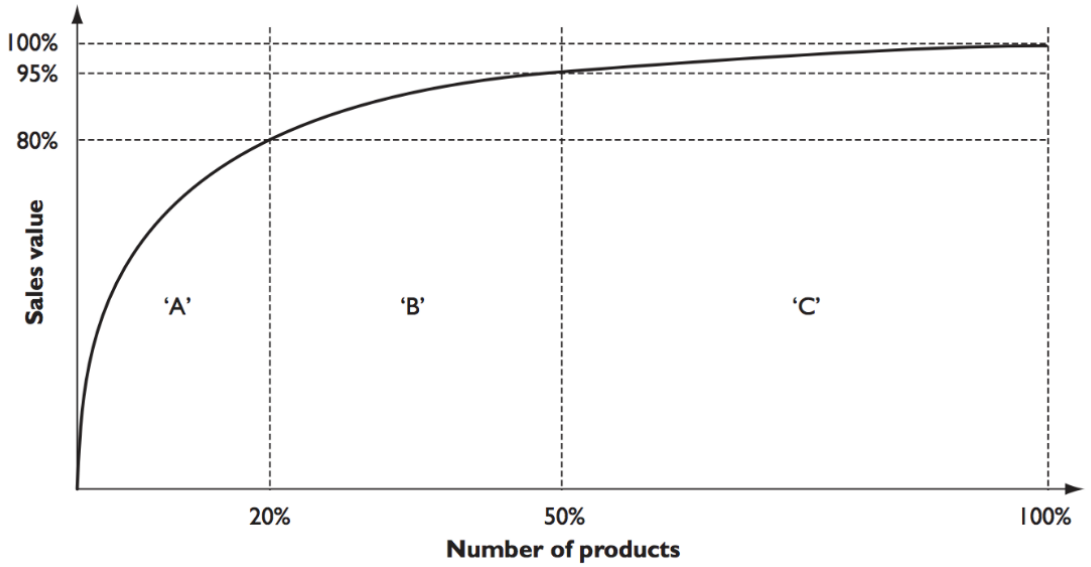



Figura 13 − Curva de Pareto (Rushton, Croucher, and Baker 2014).

## 2.7.2 Cálculo das áreas

O *layout* de um armazém depende muito do tamanho e forma do edifício, da sua acessibilidade, do tipo de equipamento utilizado e das operações realizadas.
Para estimar o espaço necessário de cada zona de um armazém para o volume de atividade praticado pela empresa é possível utilizar algumas fórmulas.

- **Zona de receção e de expedição**

Em muitos armazéns existe um dimensionamento abaixo do necessário em virtude de uma maior área de armazenagem. Uma zona de expedição congestionada leva a atrasos, produtos perdidos ou roubados, produtos danificados e produtos despachados erradamente (Richards 2018).

As fórmulas a seguir apresentadas pode ser utilizadas para obter uma área aproximada destinada a estas duas etapas (Richards 2018):

- Receção:

$$Área\ de\ receção = \frac{nº\ de\ descargas * tempo\ de\ descarga}{duração\ do\ turno} * (nº\ de\ paletes * espaço\ por\ palete)$$

*Por exemplo: se se receber 20 veículos por dia, 26 paletes por carregamento, com a tamanho da palete de 1.2 m por 1 m e se se demorar 75 min a descarregar e verificar, num horário de trabalho de 8 h, precisamos de:*

$$Área\ de\ receção = \frac{20 * \frac{75}{60}}{8} * \left(26 * (1 * 1.2)\right) = 97.5\ m^2$$

- Expedição:

$$Área\ de\ preparação = \frac{nº\ de\ cargas * tempo\ de\ carga}{duração\ do\ turno} * (nº\ de\ paletes * espaço\ por\ palete)$$

As fórmulas estão dimensionadas para volumes médios, considerando apenas uma frequência constante, podendo não funcionar para picos.

Para além do valor obtido com estas fórmulas, é necessário ainda reservar espaço para a movimentação dos porta-paletes ou empilhadores. Esse espaço extra depende do tipo de porta-paletes ou empilhadores utilizado para carregar os camiões (Richards 2018).

- **Zona de armazenamento**

Sendo a zona de maior importância dentro de um armazém, há diversos fatores relevantes a ter em conta de forma a otimizar o espaço utilizado. O principal fator a considerar é o tipo de armazenamento a utilizar. Para isso, é fundamental analisar cada SKU individualmente bem como as suas principais características, de modo a obter o número de paletes a armazenar e a altura a que podem ser armazenados os produtos (Richards 2018).

A capacidade máxima de paletes possíveis de armazenar pode sofrer alterações, de acordo com a largura dos corredores, o tipo de sistema de armazenagem e o tamanho das paletes. Paralelamente a estas variáveis, é necessário levar em consideração alguns fatores como (Richards 2018):

- Planeamento da utilização do armazém, tentando que a utilização deste não ultrapasse os 85% (valor referência), pois tal pode originar uma diminuição da segurança e da produtividade
- Presença de colunas e pilares de construção
- Folgas em redor das paletes
- Presença de tubos aéreos que limitam a altura do armazenamento
- Iluminação utilizada
- Elevação máxima dos empilhadores utilizados
- Orientação das paletes
- Pesos máximos por vigas e colunas
- Corredores transversais, como rotas de fuga
- Localização de extintores e sistemas antifogos
- Saídas de emergência

Consoante o negócio desenvolvido por cada empresa, alguns destes fatores podem exigir mais atenção, de forma a arranjar uma solução ótima.

- **Corredores**

Uma área crucial no *layout* de um armazém está ligada aos corredores e às suas dimensões. A largura dos corredores consiste na distância entre paletes em filas adjacentes e está dependente do empilhador utilizado.

A utilização de um grande número de corredores consome espaço, enquanto que o uso de um pequeno número deles origina congestionamentos e atrasos. Os corredores de um armazém não precisam de ser idênticos. Os corredores principais podem ser cruzados por outros corredores e assim melhorar a acessibilidade e distâncias percorridas no armazém (Hassan 2002).

Por questões de segurança no manuseamento das paletes e da velocidade de arrumação e recolha das mesmas, é aconselhada uma folga de 100 mm em cada lado da palete. É ainda necessário ter em conta, na largura dos corredores, a própria largura do empilhador, normalmente indicada pelo fornecedor. A definição da largura dos corredores apresenta-se assim como mais uma escolha crítica a ser feita com vista à otimização do espaço e à velocidade de resposta. Assim, é preciso alcançar a melhor combinação entre produtividade, utilização do espaço, flexibilidade, segurança e custo dos equipamentos necessários (Richards 2018).

- **Outras zonas**

O espaço reservado para as outras zonas irá depender do nível e do tipo de atividades, do número de funcionários e do equipamento utilizado. Existem, porém, algumas áreas normalmente negligenciadas, como, por exemplo, o local para os empilhadores, a área para paletes vazias e a área para equipamentos auxiliares. Finalmente, é preciso garantir espaços fora do armazém para (Richards 2018):

  - Carregar camiões
  - Estacionar e lavar os camiões próprios
  - Realizar as manobras dos camiões
  - Armazenar e reciclar resíduos

## 2.8 KPIs

Existe uma enorme variedade de indicadores capazes de avaliar o funcionamento de um armazém. Contudo, mediante o ramo de negócio no qual a empresa se insere é comum guiar-se por determinados KPIs (indicadores de performance), que devem ser consultados, no sentido de acompanhar o desempenho das operações nos armazéns. Os indicadores de performance avaliam a eficiência real e, normalmente, para cada um deles são definidos objetivos. O acompanhamento dos KPIs permite guiar os esforços da empresa. Na armazenagem, os KPIs podem ser divididos em cinco grandes áreas (Guedes 2017a):

| | |
|---|---|
| Níveis de serviço | Tempo de entrega |
| | % de encomendas completamente satisfeitas |
| | % de encomendas fornecidas ao primeiro pedido |
| | % de encomendas fornecidas dentro do tempo especificado |
| | Nº de ruturas de *stock* |
| | % de artigos estragados ou perdidos |
| | Consistência das entregas |

| | | |
|---|---|---|
| Utilização dos recursos disponíveis | Mão de obra | Nº de artigos movimentados/recolhidos por pessoa |
| | | Nº de unidades de carga movimentadas por operador |
| | | Horas extra e absentismo |
| | Espaço | Medida de utilização do espaço (% do volume ocupado) |
| | | Existências *vs* capacidade |
| | Equipamento | % do tempo de utilização do equipamento sobre o tempo total disponível |
| | | Quantidade de material movimentado *vs* capacidade do equipamento |

| | |
|---|---|
| Gestão dos materiais | % de *stock* perdido ou mal localizado |
| | Deterioração e estragos causados às existências |
| | Rotação do *stock* |
| | % de *stock* obsoleto sobre as vendas |

| | |
|---|---|
| *Output* | Nº de cargas e descargas por unidade de tempo |
| | Nº de encomendas por unidade de tempo |
| | Nº de paletes ou caixas por dia ou hora |

| | |
|---|---|
| Custos de operação | Custo por unidade de carga (palete, caixa) |
| | Custo por unidade de peso |
| | Custo sobre o valor das mercadorias |
| | Custo unitário por carga/descarga |
| | Custo por encomenda processada |
| | Custo por posição de *stock* |
| | Custo por hora |

# 3 Caso de estudo

A Calheiros Embalagens, como empresa produtora de embalagens em cartolina e cartão canelado, possui dois armazéns destinados ao armazenamento dos produtos acabados. Um desses armazéns, com acesso através do cais, representado pelo número 5 da Figura 14, alberga os produtos acabados destinados a apenas dois clientes. O sistema de abastecimento desses produtos faz-se através de um mapa semanal fornecido pelos clientes. Este armazém, designado por A4, é gerido por um só colaborador que tem outras responsabilidades na empresa, não estando, por isso, a tempo inteiro nesse armazém.

O armazém A3, que serve de matéria de estudo para esta dissertação, armazena todos os produtos dos outros clientes e apresenta uma área com cerca de 1620 m². Contudo, apenas 1300 m², aproximadamente, se apresentam como área útil, visto que existem duas enfardadeiras (uma para cartão e outra para plástico), representadas na Figura 14 pelo número 3, e ainda um tapete transportador motorizado, número 4 da Figura 14, para transportar o cartão para a enfardadeira.

Anexado ao armazém, existe um cais que, para além de fazer de ligação entre os dois armazéns, serve de zona de armazenamento das caixas contentoras (utilizadas para embalar algumas encomendas), paletes (*standard*, europalete, LPR) e produtos devolvidos. Tem também uma zona para preparar as encomendas (onde são colocadas as paletes, para que se possa carregar o camião) e um local para estacionar os dois camiões de maiores dimensões da empresa.

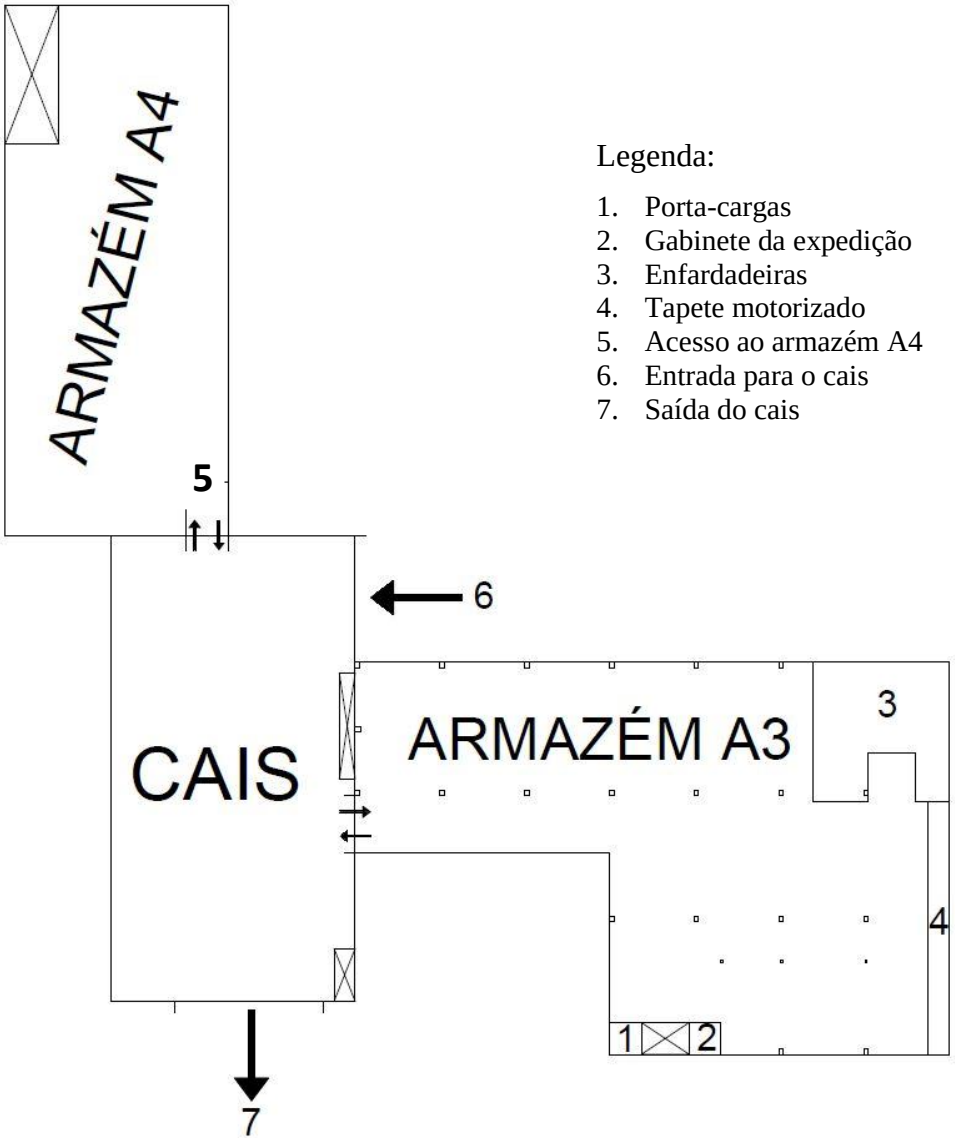



Figura 14 − Planta do armazém.

A trabalhar neste armazém existem três colaboradores em horário completo, sendo um deles o responsável da expedição. Existem ainda mais dois colaboradores que têm como função conduzir os camiões da empresa. Um deles, quando não há serviço para o camião, auxilia nas tarefas do armazém. Os horários de trabalho de cada colaborador encontram-se abaixo:

| Função | Horário |
|---|---|
| Responsável | 8h15 – 17h15 |
| Colaborador de armazém (1) | 8h15 – 17h15 |
| Colaborador de armazém (2) | 10h – 19h |
| Motorista (1) | Flexível → quando faz serviço no camião<br>8h15 – 17h15 → quando fica no armazém |
| Motorista (2) | Flexível |

Tabela 9 − Funções e respetivos horários.[1]

Todos os colaboradores têm direito a uma pausa de almoço, das 12h30 às 13h30, na cantina da empresa.

Os colaboradores têm as seguintes tarefas:

- Retirar as paletes do porta-cargas (vindas da produção)
- Armazenar as paletes
- Preparar as encomendas
- Planear as encomendas e marcar os camiões, normalmente, para o dia seguinte
- Carregar os camiões
- Tratar das guias de transporte e/ou de remessa
- Retirar os fardos da enfardadeira
- Carregar os camiões com os fardos
- Fornecer caixas contentoras e paletes à produção, através do porta-cargas
- Receber carregamentos de caixas contentoras e paletes

[1] Durante a realização da tese, devido à situação de pandemia, houve a necessidade de alterar o horário de funcionamento. O horário de trabalho do departamento de expedição foi alargado e passou a ter início às 6h e fim às 22h. Os colaboradores foram divididos em dois turnos (6h-14h e 14h-22h).

## 3.1 Fluxo das paletes

Com a entrada das paletes no porta-cargas, dá-se início aos processos que são da responsabilidade do departamento de expedição.

Estes processos começam com a receção do porta-cargas no armazém e a retirada das paletes com o auxílio de um porta-paletes. As paletes são colocadas numa zona junto do porta-cargas até que um dos colaboradores tenha tempo de as movimentar. O local para onde a palete deve ser movimentada depende apenas de um fator, a data do seu carregamento. Caso seja nesse dia, o colaborador irá transportá-la para a zona de preparação, localizada no cais; senão será colocada no armazém.

Seguindo a palete para o armazenamento, é necessário confirmar se já existe a mesma referência em armazém e qual é a sua localização. Se houver e existir espaço para a colocação de mais uma palete, esta deve ser lá colocada. Se não houver, deve ser alocada numa localização próxima do local onde se encontra a mesma referência. Caso não exista essa referência, a palete é colocada numa fila onde haja espaço. Durante o tempo de armazenamento, as paletes podem ser movimentadas entre filas.

Aquando da data de carregamento das encomendas, o responsável do armazém faz uma lista com a referência e a quantidade de paletes de cada encomenda e entrega-a a um dos colaboradores para tratar da sua preparação. As paletes da encomenda podem ter origem no porta-cargas ou no armazenamento, dependendo do plano da produção da empresa. Para preparar a encomenda, o colaborador localiza as paletes encomendadas e faz as movimentações que achar necessárias para as levar para a zona de preparação.

Com a chegada do camião para carregar, são necessários, normalmente, dois colaboradores (um para colocar as paletes dentro do camião com o empilhador e outro para movimentar, com o porta-paletes, as paletes dentro do camião).

A pistola de *picking* é utilizada na leitura do código de barras das paletes no instante em que estas estão a ser carregadas para o camião, facilitando assim o processo de realização das guias de transporte, que anteriormente eram preenchidas manualmente pelo responsável.

Após o carregamento do camião estar concluído, é feita a verificação das paletes carregadas pelo responsável e a impressão das guias. Terminada impressão das guias, as paletes dão saída do sistema da empresa.

Na Figura 15 é apresentado um fluxograma do circuito que as paletes percorrem dentro do armazém.

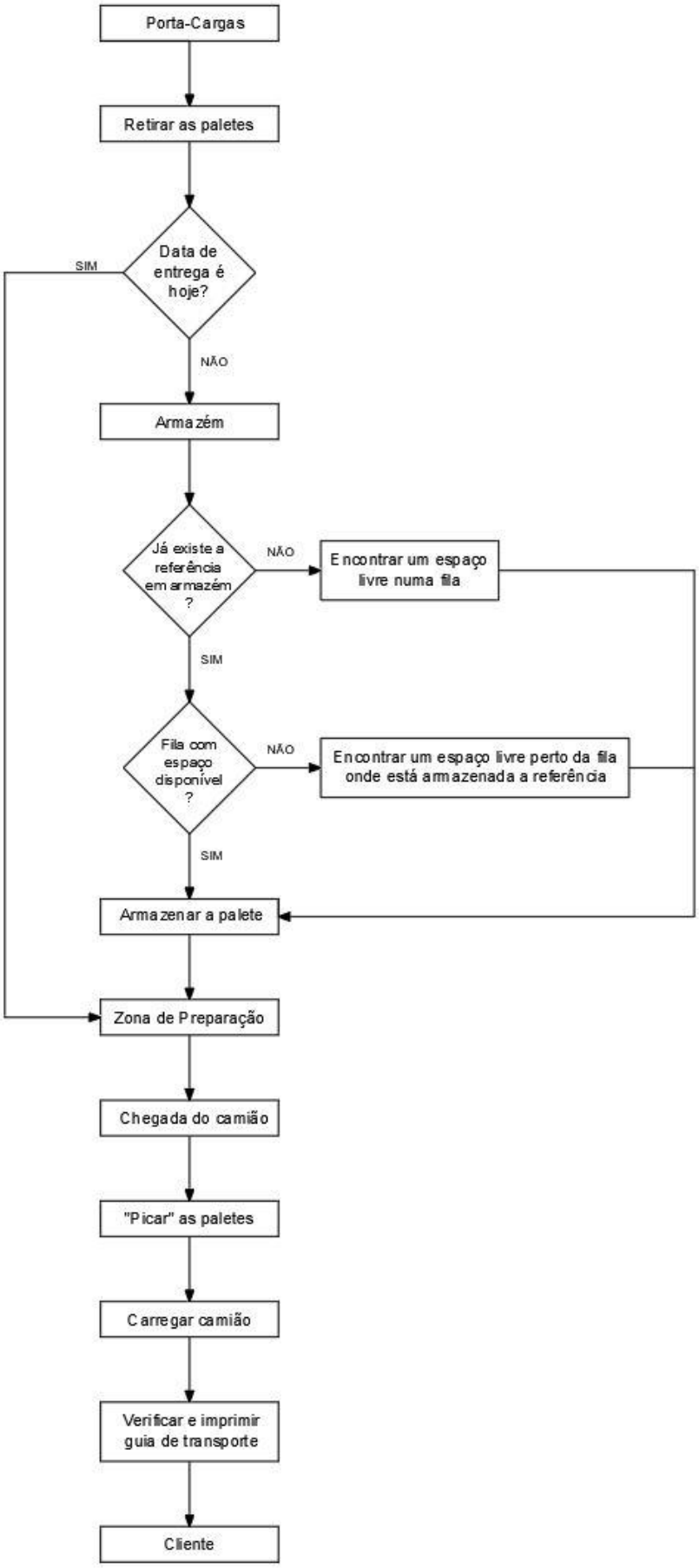



Figura 15 − Fluxo do produto acabado.

## 3.2 Embalamento

O embalamento, apesar de não se tratar de uma tarefa da responsabilidade do departamento de expedição, apresenta-se como uma etapa de elevada importância na organização do armazenamento. A forma como as embalagens são paletizadas tem como objetivo maximizar o espaço ocupado na palete e desta no camião. A altura máxima de uma palete é de 2.4 metros, limitação imposta pela instabilidade da palete.

O tipo de embalamento depende das características das embalagens ou de especificações pretendidas pelos clientes. A empresa apresenta três opções:

- Caixas contentoras
- Maços cintados
- Paletes cintadas

A empresa trabalha com duas dimensões de paletes: *Standard* (1000 mm x 1200 mm) e Europalete (800 mm x 1200 mm). A escolha do tipo de palete tem implicações a nível do espaço de chão utilizado.

A empresa tem feito um *forcing* junto dos clientes para apenas a utilização de paletes com dimensões 1000 mm x 1200 mm, com o intuito de transportar mais quantidade de embalagens por movimentação dentro do armazém.

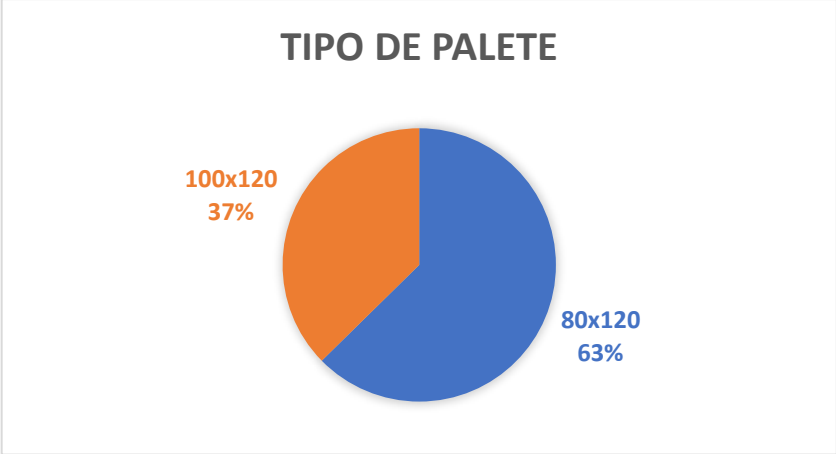



Figura 16 – Tipos de paletes em armazém.

Pela análise da Figura 16, é possível constatar que 63% das paletes movimentadas no ano de 2019 foram do tipo Europalete.

Foi ainda efetuado um estudo à altura dos embalamentos, de forma a perceber se o tipo de armazenamento se enquadrava com a verdadeira situação da empresa. O armazenamento é constituído por racks com capacidades diferentes de armazenar em altura, umas até aos 1.3 m e outras até aos 2 m.

Assim, a análise que foi feita agrupou as alturas em 3 grupos:

- 0.2 m até aos 1.3m
- 1.3 m até as 2 m
- 2 m até aos 2.3 m

A altura mínima observada para uma palete em armazém foi de 0.2 m e a máxima de 2.3 m.

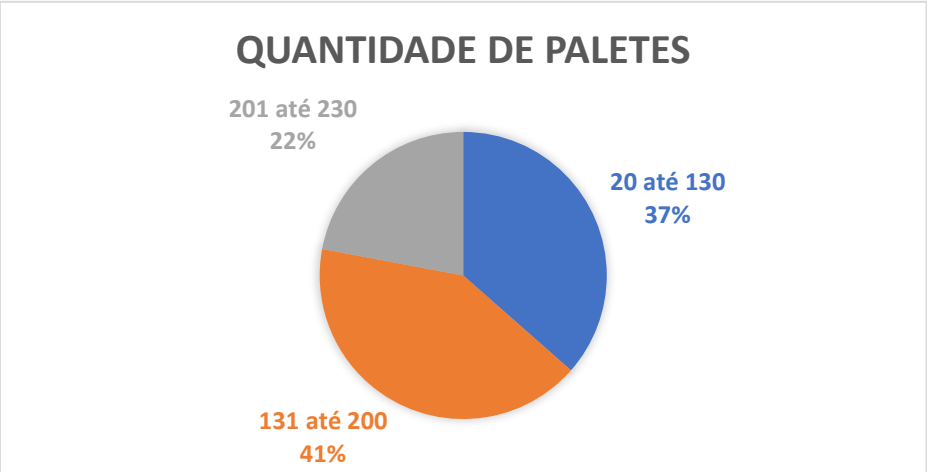



Figura 17 − Quantidade de paletes agrupadas por alturas.

Observando a Figura 17, conclui-se que 37% das paletes estavam abaixo dos 1.3 m, 41% entre os 1.3 m e os 2 m e 22% com alturas superiores aos 2 m.

## 3.3 Receção

Após a produção, o embalamento, a aplicação do filme nas paletes e a colocação da etiqueta que identifica a palete, tudo feito na parte superior da fábrica, as paletes são colocadas no porta-cargas e chegam assim ao armazém.

A receção das paletes dá-se junto do porta-cargas, Figura 18, local que serve de *buffer* enquanto não existe lugar para armazenar as paletes. Em alturas de picos de armazenamento, este *buffer* é utilizado para armazenar produto acabado, limitando-se o *buffer* à utilização do corredor de ligação entre o porta-cargas e o corredor central do armazém, representado na Figura 18.

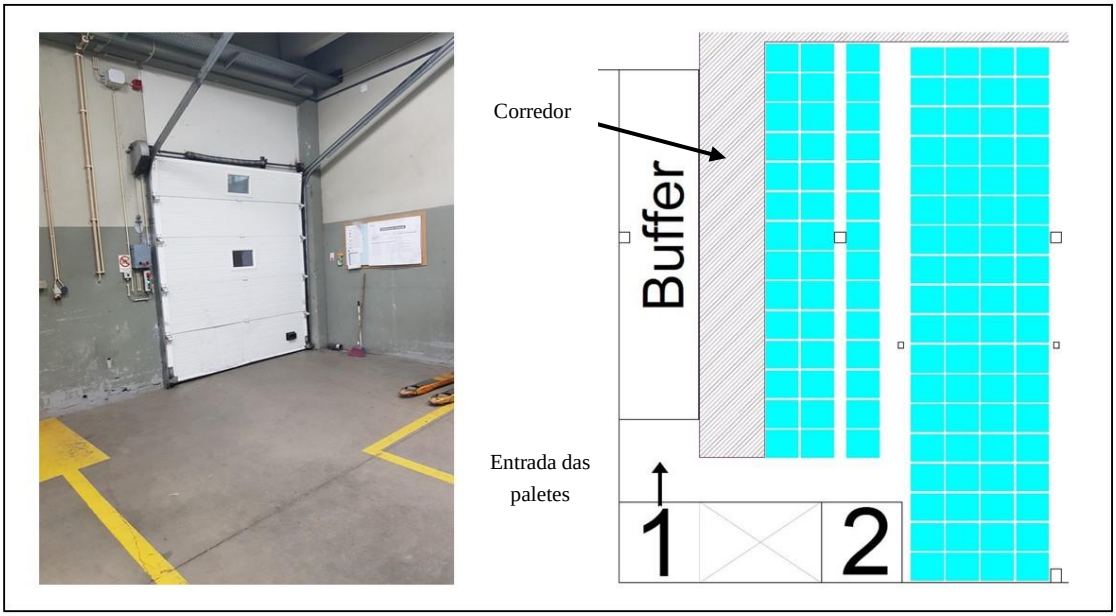



Figura 18 − Porta-cargas e *buffer* de receção de paletes.

Sendo o porta-cargas o *bottleneck* no fluxo das paletes, a retirada das paletes do porta-cargas não deve ser demorada, caso contrário existe o risco de haver uma paragem do fluxo e a acumulação de material na zona de produção da fábrica.

De forma a ser de conhecimento de todos os colaboradores, existe um sinal luminoso a meio do armazém que é acionado sempre que o porta-cargas chega ao armazém.

Com o aumento da produção, coincidente com o período da dissertação, houve a necessidade de transferir as etapas de aplicação do filme às paletes e de colocação das etiquetas para o armazém, libertando mais espaço na zona de produção. Para isso, foi necessário reservar a zona perto do porta-cargas para a colocação das máquinas que aplicam o filme e transferir o colaborador responsável pela tarefa para o armazém.

Nesse sentido, o posicionamento adotado para os *blisters* (equipamentos semiautomáticos de envolvimento das paletes em filme estirável) e o computador para impressão das etiquetas foi o representado na Figura 19.

**B** ***Blisters***

**C** **Computador para imprimir etiquetas**

***Buffer***

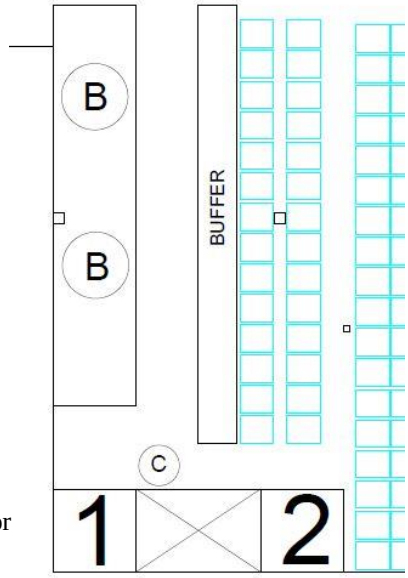



Figura 19 − Posicionamento dos *blisters* e do computador para impressão das etiquetas.

As paletes que descem a partir do porta-cargas são retiradas e transportadas até ao *buffer* até que o *blister* esteja livre para receber e aplicar o filme a cada palete. Após a aplicação do filme estirável, o colaborador tem de se deslocar até ao computador para imprimir a etiqueta referente à palete acabada de embalar e voltar ao *blister* para a colocar na palete.

Como o posicionamento dos blisters e do computador não foi analisado, as distâncias percorridas pelo colaborador, durante o turno de trabalho, tornam-se elevadas, aumentando o tempo despendido na tarefa.

## 3.4 Armazenamento

A área de armazenamento da empresa está dividida em filas perpendiculares ao corredor central, como pode ser visto na Figura 20.

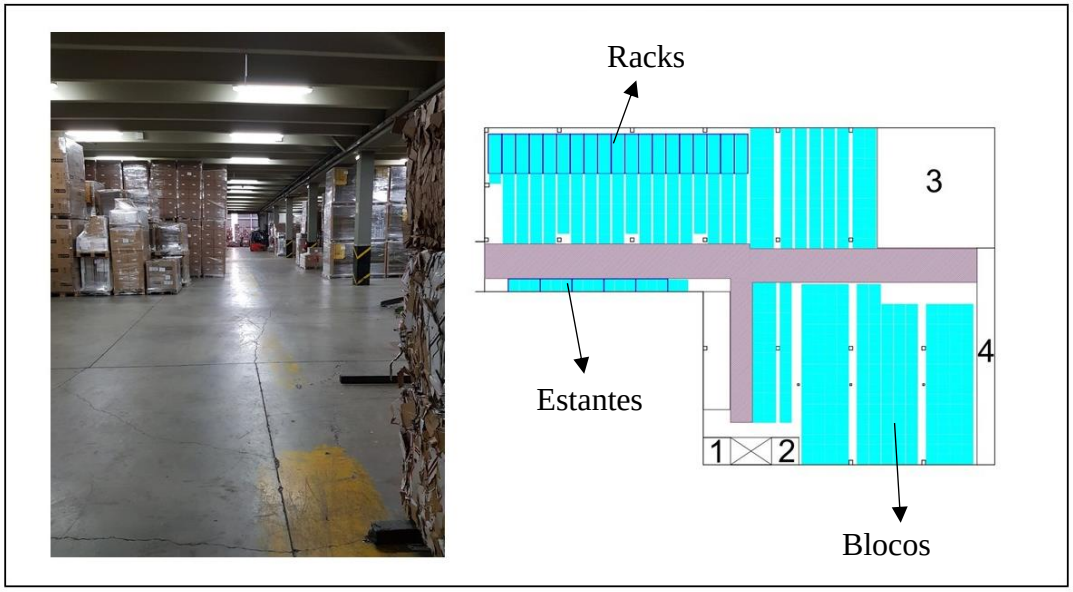



Figura 20 – Armazenamento.

Através da visualização do esquema é possível reparar que a arrumação pode ser feita de três maneiras – racks, estantes e blocos. Na entrada do armazém, do lado direito, existem 5 estantes, cada uma com capacidade para 9 europaletes divididas por 3 níveis; do lado esquerdo, estão as filas com as racks e paletes em blocos armazenadas à frente. Existem 19 racks, 11 delas com capacidade, cada uma, de 12 europaletes divididas por 3 níveis, com uma altura máxima das paletes de 1.30 m. As restantes racks apresentam, cada uma, capacidade de 8 europaletes divididas em 2 níveis, com uma altura máxima das paletes de 2.00 m.

A altura das paletes é decidida na etapa de embalamento, podendo a altura da palete variar de 0.2 m a 2.30 m. A escolha da altura pode ser um requisito do cliente ou, então, ela é embalada à altura máxima, tendo em conta a estabilidade da palete.

A alocação das paletes é feita aleatoriamente, o que significa que o local de armazenamento das paletes é escolhido pelo colaborador que a está a arrumar, sendo colocada num espaço vazio sem nenhum rastreamento.

O armazém tem um pé direito variável, devido a características estruturais da construção. O armazém não foi construído com este propósito, tendo sido adaptado para tal. Daí que a sua altura varie entre 4.30 m e 4 m, aproximadamente, dependendo do local.

O empilhamento é feito com algum cuidado para não empenar as embalagens. Existem ainda paletes que já vêm identificadas como não empilháveis, ou seja, não podem servir como base para outras paletes. Assim, o método seguido pelos colaboradores é de empilharem essas paletes em cima de outras que possam ser empilhadas, sendo indiferente a referência da mesma.

A fase de armazenamento apresenta elevados tempos na procura de paletes, paletes perdidas e grandes distâncias percorridas.

## 3.5 Expedição

A expedição pode ser dividida em três etapas importantes: preparação da encomenda, carregamento do camião e elaboração da guia de transporte.

A preparação das encomendas consiste na movimentação das paletes que constituem as encomendas a entregar no dia para a zona de preparação, localizada no cais, representada na Figura 21, pela letra C.




Figura 21 – Cais.

A colocação das paletes nessa zona é, tal como no armazenamento, aleatória.

Os camiões carregados no cais podem ser de 4 tipos, camiões próprios, TIRs, grupagem e transporte da responsabilidade dos clientes. Todos estes camiões são carregados pela traseira, sendo necessário um porta-paletes e um empilhador para se proceder ao carregamento. Os TIRs e a grupagem são serviços contratados a transportadoras com as quais a Calheiros costuma trabalhar.

No processo de carregamento dos camiões utiliza-se a pistola de *picking* para a leitura das paletes que estão a ser carregadas, fazendo-se as guias de transporte parcialmente. Fica ainda a faltar a verificação, por parte do responsável, se as paletes carregadas condizem com a encomenda do cliente e a adição de alguns dados cruciais, tais como a matrícula do camião e a hora de expedição, dados que o software não é capaz de adicionar automaticamente. Feito isto, falta apenas imprimir a guia e entregá-la ao motorista.

A observação de todo este processo permitiu encontrar falhas que dificultam as tarefas a realizar. Eis algumas delas.

O código de barras que identifica a palete é demasiado pequeno para ser lido a partir do empilhador, por esse motivo existe a necessidade de o colaborador sair do empilhador para ir "picar" a palete, o que aumenta o tempo de carregamento do camião. A zona de preparação das encomendas, localizada no cais, apresenta uma organização aleatória, dando origem a tempos de carregamento maiores e à eventualidade de erros no carregamento. A preparação das encomendas nem sempre é realizada atempadamente, implicando distâncias percorridas maiores e tempos de carregamento elevados.

## 3.6 Pistola de *picking*

No início de fevereiro entrou em fase de teste uma pistola de *picking* com o objetivo de diminuir o tempo de permanência dos camiões no cais, facilitando a execução das guias de transporte. Pretendia-se também diminuir o erro humano associado à elaboração dessas mesmas guias manualmente.

Todo o *software* por trás da pistola foi desenvolvido pelo responsável de informática da empresa, fazendo a ligação desse software ao Primavera, ERP (Enterprise Resource Planning) utilizado pela empresa, que permite a execução das guias de transporte. Estando numa fase experimental, ainda não é possível a realização de toda a guia através da pistola, sendo necessário que o responsável se desloque até ao gabinete, ao lado do porta-cargas, para adicionar os dados em falta e finalizar o processo.

Existe ainda um *software* na pistola que permite através da leitura da palete, alocar-lhe uma localização. Contudo, necessita de um mapeamento do armazém e de uma atribuição de localizações para tal propósito. Estando, neste momento, o armazém organizado em blocos por filas perpendiculares ao corredor central, a única possibilidade seria apenas localizar em que fila se encontraria a palete a procurar, não sabendo a sua profundidade.

## 3.7 Equipamentos

A frota de equipamentos de transporte e armazenamento é constituída por 2 empilhadores elétricos, conforme se vê na Figura 22, com capacidade de movimentar as paletes nos níveis superiores das racks.



Figura 22 − Empilhadores utilizados.

Durante o horário de trabalho (8h15 até às 12h30 e das 13h30 até às 19h) os empilhadores têm uma taxa de utilização bastante elevada, sendo necessário colocar em carregamento um dos empilhadores na pausa do almoço.

Por questões de segurança, a administração procedeu à redução da velocidade de circulação dos empilhadores para os 8 km/h (anteriormente era de 14 km/h).

O armazém possui ainda 3 porta-paletes para a retirada do material do porta-cargas, para movimentar as paletes dentro dos camiões e para transportar paletes dentro do armazém.



Figura 23 − Porta-paletes utilizado.

## 3.8 Divisão do espaço

Atualmente, o armazém de produto acabado possui uma área total de 1620 m², sendo apenas 1273 m² considerados úteis para o armazenamento de paletes. O armazenamento, já descrito na secção 3.3, é feito da seguinte forma:

- 19 racks que ocupam um espaço de chão de 6.45 m², cada uma;
- estantes unitárias que ocupam um espaço de chão de 4.2 m², cada uma.

As paletes *standard* têm 1 m x 1.2 m de dimensões, com uma folga de 0.05 m em cada lado.

Considerando os dados anteriores, é possível apresentar a seguinte tabela:

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Área útil** | 1 273 m² | **Área corredores** | 281 m² |
| **Capacidade** | 714 paletes | **Área armazenamento** | 820 m² |
| **Paletes com acesso direto** | 85 paletes | **Área não utilizada** | 172 m² |

Tabela 10 − Dados do *layout* atual.

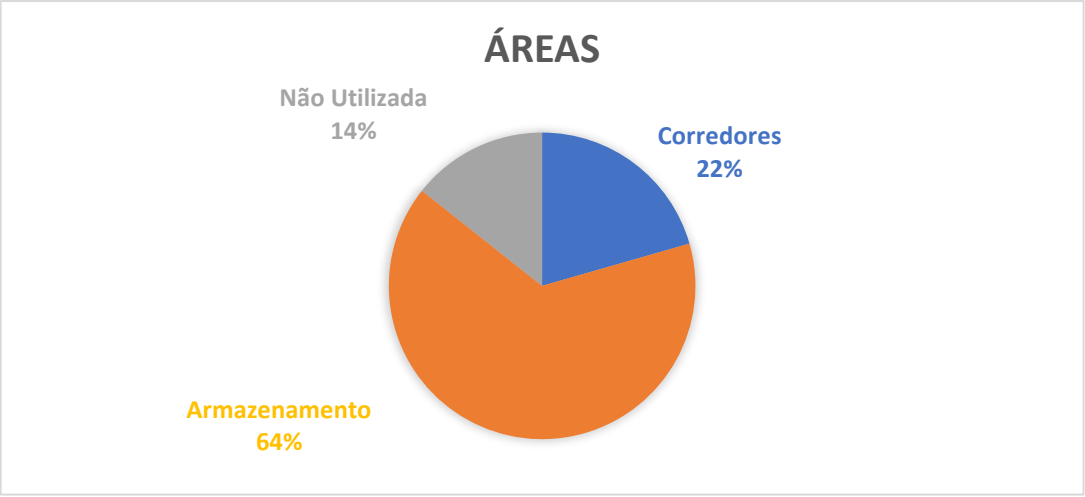



Figura 24 − Utilização da área de chão do armazém.

## 3.9 Análise do *stock*

No ano 2019, a empresa fabricou cerca de 75 milhões de embalagens, o que originou um total de 39 223 paletes colocadas no armazém de produto acabado. As embalagens serviram para fornecer 299 clientes.

A lista de clientes foi analisada consoante o número de embalagens encomendadas, o número de paletes que essas embalagens originaram e ainda as embalagens encomendadas distribuídas ao longo dos meses do ano de 2019. Assim, conclui-se que 20% dos clientes equivaliam a 88% das embalagens produzidas e 86% das paletes armazenadas. Dos 299 clientes, 4% encomendaram embalagens todos os meses.

Com base numa amostra disponível de 3 973 encomendas, foi analisada a rotação do *stock* no armazém do produto acabado. Tratando-se de um processo de produção à base de encomendas, considerou-se que a melhor maneira de analisar a rotatividade seria tendo em conta o tempo de permanência das encomendas no armazém.

Do total da amostra, 1 328 encomendas não chegaram a ser armazenadas, seguindo da produção diretamente para a zona de preparação, localizada no cais, para ser expedida no dia.

Considerando as restantes 2 645 encomendas, atribuíram-se diferentes classificações.

| Classificação | Intervalo de dias de armazenamento | Quantidade de encomendas |
|---|---|---|
| **A** | 1 até 37 | 2119 |
| **B** | 38 até 89 | 358 |
| **C** | > 90 | 168 |

Tabela 11 − Classificação da rotatividade.

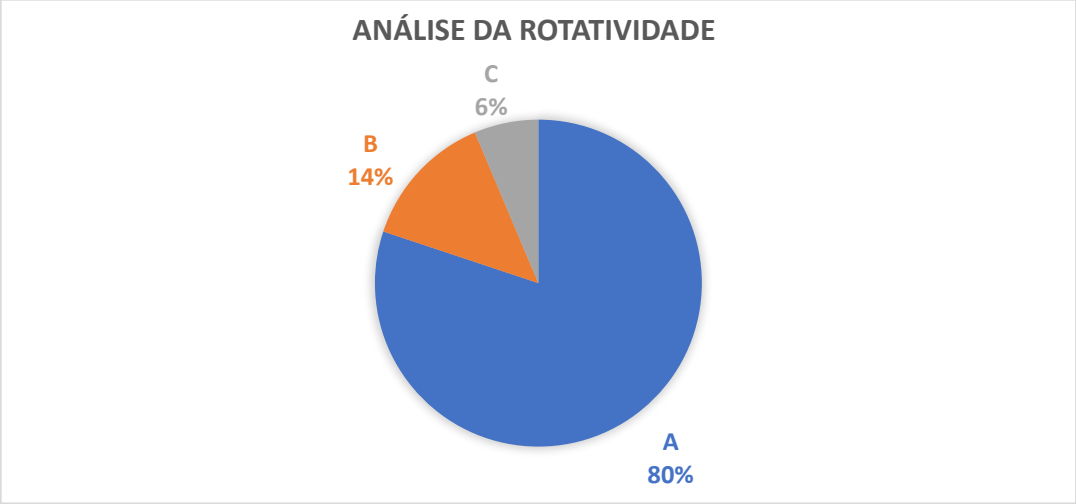



Figura 25 − Análise da rotatividade.

## 3.10 Análise dos carregamentos

Foi analisada a distribuição dos carregamentos pelas horas de serviço, para se visualizar as horas em que ocorria o maior número de carregamentos e se estes se efetuavam dentro das horas de serviço. O processo de marcação de um camião ocorre, por norma, no dia anterior, sendo marcado para um intervalo de horas. Contudo, o intervalo de horas não é cumprido por algumas transportadoras.

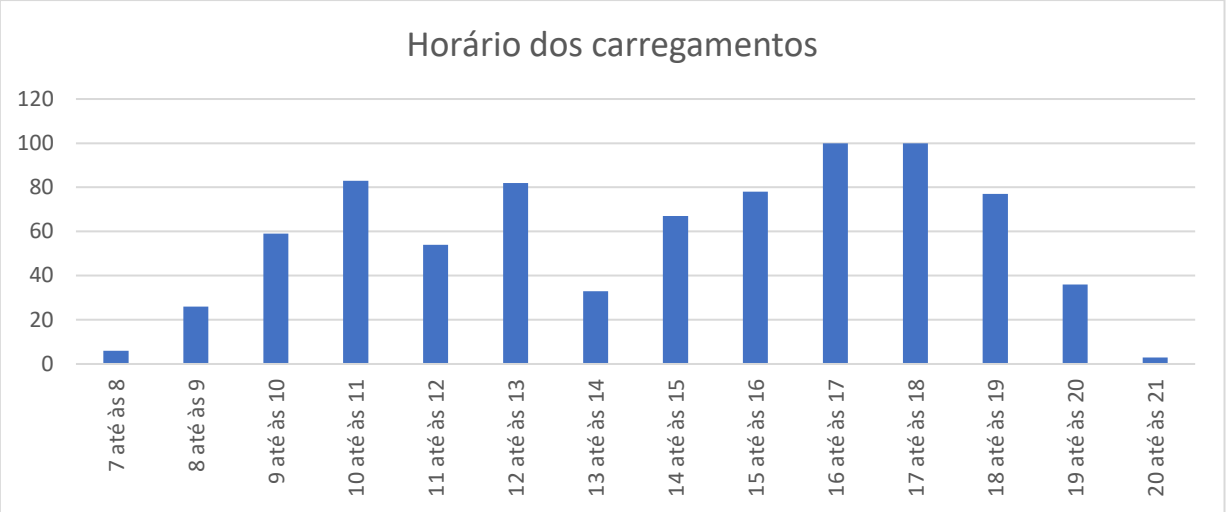



Figura 26 − Horário dos carregamentos.

A amostra dos dados observados foi de 804 carregamentos. A análise da totalidade dos dados não foi possível devido à inexistência de toda a informação dos carregamentos efetuados em 2019.

Através da observação dos dados organizados por intervalos de uma hora, demonstrados na Figura 26, é possível concluir que 45 carregamentos, ao longo do ano de 2019, aconteceram para além das horas de serviço e 177 carregamentos aconteceram num período em que apenas se encontra um funcionário em serviço, teoricamente.

Estes carregamentos, desfasados com o horário de trabalho, representaram um acréscimo de 1300 € à empresa no pagamento de horas extraordinárias.

# 4 Propostas de melhoria

As propostas apresentadas estão divididas em dois grupos, tendo em consideração o tempo previsto para a sua implementação, curto prazo e médio/longo prazo. Todas as propostas apresentadas tiveram em vista resolver os problemas encontrados no decorrer da elaboração da tese. Contudo, sabemos que todo o processo de melhoria é um trabalho constante. Assim, o armazém tem de ser capaz de abranger alterações que possam ocorrer, seja ao nível do mercado ou da própria produção.

## 4.1 Curto prazo

### 4.1.1 Etiquetas

A necessidade de o colaborador ter de sair do empilhador para proceder à leitura do código de barras referente à palete, no momento de carregar o camião, aumenta o tempo despendido no carregamento e obriga a uma deslocação desnecessária por parte do colaborador.

Tendo em vista a otimização deste processo, é possível alterar a configuração da informação contida na etiqueta, de forma a aumentar o tamanho do código de barras que identifica a palete, e, assim, aumentar o alcance da pistola de *picking*. É também possível colocar a etiqueta no lado de maior comprimento da palete, pois a sua movimentação com o empilhador é feita por esse lado e assim permitir a leitura da palete sem sair do empilhador.

Esta alteração pode significar uma redução de 10 segundos no carregamento de cada palete e um desgaste menor do colaborador.

### 4.1.2 Disposição dos *blisters*

A alteração do processo de aplicação de filme e da impressão das etiquetas para o espaço do armazém do produto acabado não foi antecedida de um estudo prévio da melhor disposição dos *blisters* e do computador para imprimir as etiquetas. Logo, a atual disposição origina deslocações desnecessárias do colaborador e das paletes.

Com vista a uma melhor utilização do espaço e das distâncias percorridas, realizou-se um estudo do espaço necessário para o *buffer*, tendo em consideração os tempos de aplicação do filme e da reposição de paletes no armazém através do porta-cargas. Para calcular o espaço que serve de almofada ao processo, foi considerada a situação crítica, de forma a que o fluxo das paletes não sofra nenhuma paragem.

Consoante estes cálculos houve uma atribuição de espaço para os *blisters*, tentando manter um fluxo direcional das paletes, minimizando distâncias percorridas. Assim, chegou-se à disposição apresentada na Figura 27.

Esta proposta permite diminuir a distância média percorrida por cada palete em 18 metros.

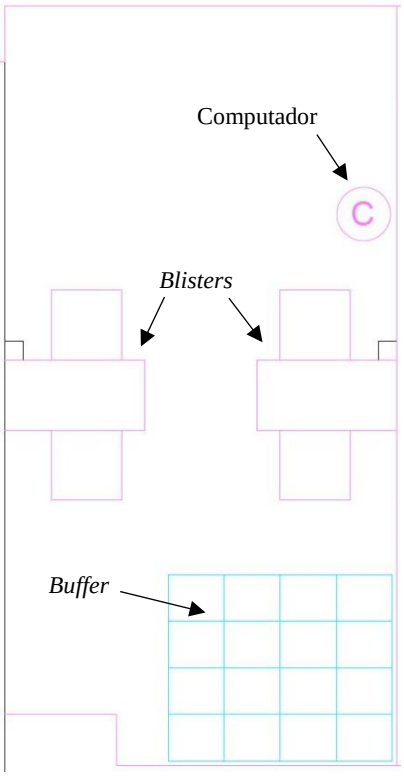



Figura 27 − Disposição dos *blisters* e do computador.

### 4.1.3 Mapeamento e localização das paletes

A falta de rastreamento das paletes é um dos grandes problemas detetados no armazém. A localização das paletes é apenas conhecida pelo colaborador que a arrumou, originando paletes perdidas e elevados tempos na preparação das encomendas.

Existindo já um *software* desenvolvido para atribuição de localizações às paletes através da pistola de *picking*, faltava apenas um mapeamento do armazém.

Esse mapeamento pode ser feito da seguinte forma: considerando o *layout* atual, atribui-se um número e uma letra a cada fila, sendo a letra representativa do lado em que as paletes estão armazenadas (D – direita e E – esquerda). Para facilitar o trabalho dos colaboradores, deve existir uma marcação no local, ou no chão ou no teto, com o código de barras a fim de minimizar o erro humano associado à atribuição da fila.

Com o mapeamento concretizado, é possível testar o *software* desenvolvido pelo responsável de informática da empresa, e assim, otimizá-lo e adaptá-lo à situação atual.

### 4.1.4 Classificação ABC

A análise da rotatividade apresentada na secção 3.9 permitiu classificar as encomendas consoante o tempo de permanência no armazém. Através destes valores é possível obter o número de lugares de paletes necessários por classificação. Considerando 20% dos lugares totais para a classificação A, 30% para a classificação B e 50% para a classificação C.

| Classificação | Intervalo de dias de armazenamento | Lugares de paletes |
|---|---|---|
| **A** | 1 até 37 | 144 |
| **B** | 38 até 89 | 212 |
| **C** | > 89 | 358 |

Tabela 12 − Lugares por classificação.

Assumindo os lugares de cada classificação e as distâncias percorridas para a colocação das paletes em cada fila, é possível atribuir a cada zona do armazém uma classificação. Considerando os lugares da classificação A como de alta rotação, estes devem ser os mais próximos do cais e devem implicar distâncias mais curtas. A classificação C, pelo contrário, deve ser para os lugares mais afastados do cais, e por consequência, os que implicam percorrer maiores distâncias. A classificação B ocupa os lugares intermédios entre os dois casos acima apresentados. Com as distâncias para armazenar e transporte para o cais de cada fila representados no Anexo 1, é possível construir a proposta representada na Figura 28, com a cor verde a refletir a classificação A, a cor amarela a classificação B e a cor vermelha a classificação C.

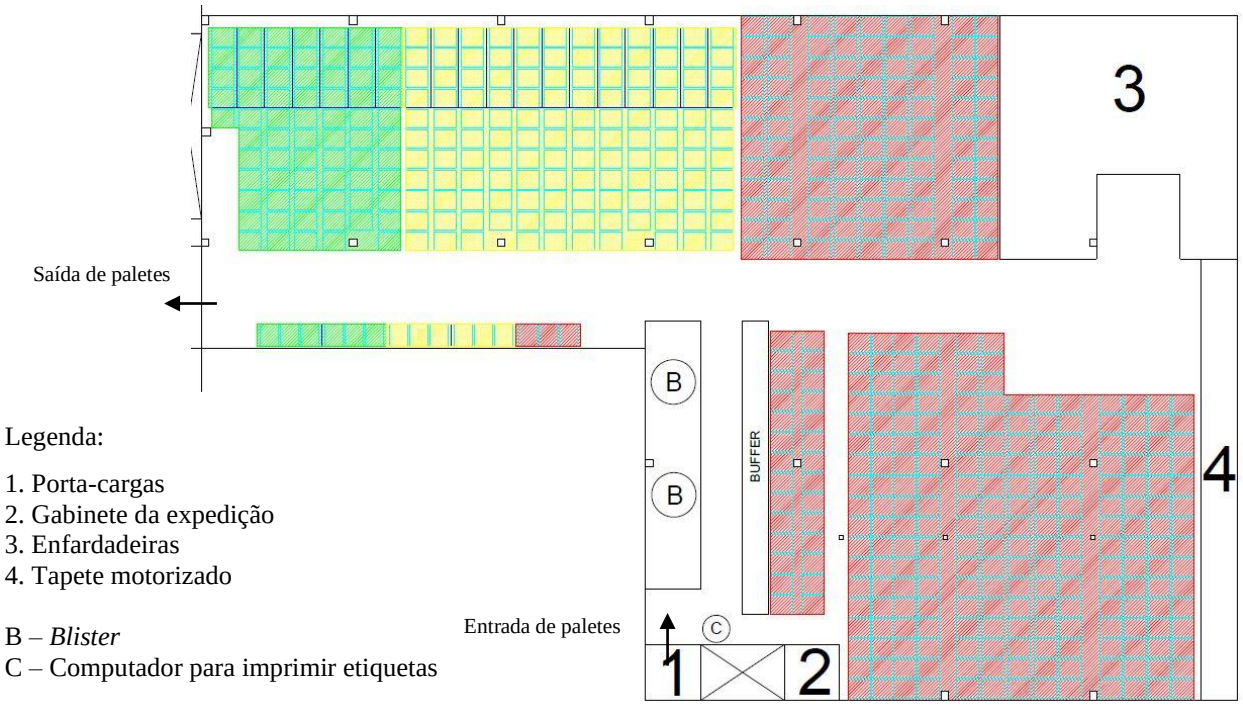



Figura 28 − Classificação ABC no *layout* atual.

### 4.1.5 Controlo do armazém

Um armazém, com as variáveis apresentadas ao longo de toda a secção 3, implica uma boa organização do espaço e das tarefas bem como um controlo recorrente da situação, para assim se conseguir atingir um bom funcionamento. Para tal, é necessário definir processos mais eficientes para os colaboradores e possuir dados que permitam avaliar o estado do armazém.

Algumas tarefas que se devem propor aos colaboradores são apresentadas de seguida:

- Organização da zona de preparação de encomendas consoante os camiões a carregar, colocando todas as paletes, destinadas a um camião, juntas.

- Verificação do inventário, por parte dos colaboradores. Analisar se o *stock* em sistema é igual ao *stock* físico em armazém. Este controlo deve ser faseado e mensal, sendo analisada apenas uma classificação por mês (ex: janeiro verificar os produtos de classificação A, fevereiro verificar os produtos da classificação B, março verificar os produtos da classificação C…).

- Revisão da classificação ABC. Controlar os intervalos de dias referente a cada classificação. Deve-se realizar um estudo das rotações dos produtos de seis em seis meses.

- Colocação, no local onde os colaboradores carregam as paletes com o empilhador, de um quadro com a informação das encomendas e das suas quantidades a carregar no dia.

Para avaliar o funcionamento do armazém, é necessário implementar alguns KPIs:

-Rotação: permite compreender o tempo que as encomendas permanecem em *stock* em armazém;

$$(data\ de\ saída\ da\ encomenda\ do\ armazém - \ data\ de\ entrada\ da\ encomenda\ em\ armazém)$$

Objetivo: < 15 dias

- Dias que as encomendas ficam em armazém para além do estipulado: permite analisar quantas encomendas não cumprem o programado e durante quantos dias são armazenadas;

$$(data\ de\ saída\ do\ armazém - \ data\ programada\ para\ saída\ do\ armazém)$$

Objetivo: 0

- Diferença, por dia, entre o número de paletes que entram e saem do armazém: permite observar o nível de *stock* que existe por dia, assim como perceber se o número de paletes está a aumentar ou a diminuir e, se necessário, conseguir tomar medidas;

$$(paletes\ que\ saem - \ paletes\ que\ entram)$$

Objetivo: >= 0

- Percentagem de paletes devolvidas: permite verificar as paletes que são devolvidas por danos causados no armazém, como danos nas embalagens e embalagens danificadas, quer por empilhamentos indevidos quer por erros nas movimentações das paletes;

$$\left(\frac{paletes\ devolvidas}{paletes\ que\ saem\ do\ armazém}\right) x\ 100$$

Objetivo: 0.1 %

- Conformidade do *stock*: analisa a diferença de quantidades registadas no sistema e a que realmente existe no armazém;

$$\frac{|paletes\ no\ sistema - paletes\ existentes|}{paletes\ no\ sistema}\ x\ 100$$

Objetivo: 0 %

- Custo de armazenamento da palete: analisa o valor despendido pela empresa na armazenagem, durante um mês.

$$\frac{Custo\ mensal\ do\ armazenamento}{nº\ paletes\ armazenadas\ no\ mês}$$

Objetivo: 0.70 €

- Tempo de preparação de encomendas e tempo de carregamentos: analisa a produtividade dos colaboradores.

Todos estes KPIs devem ser previamente analisados pelo responsável da expedição e apresentados à administração da empresa, para, assim, existir um conhecimento superior sobre o estado do armazém de produto acabado.

## 4.2 Médio/Longo prazo

### 4.2.1 Embalamento

Partindo das limitações de espaço em altura do armazém e dos camiões, foram analisadas as alturas que permitiam alcançar a melhor combinação em relação à ocupação do espaço.

A altura máxima de um camião é de 2.80 m e do armazém do produto acabado é de 4.30 m, já considerando uma margem de segurança que possibilite uma movimentação mais segura das paletes.

Assim, é apresentada no Anexo 2 a percentagem de ocupação de uma palete tanto a nível do armazém como do camião, variando a altura. São ainda visíveis os níveis a que as paletes, da referida altura, podem ser empilhadas.

Desenvolveu-se, com base no Anexo 2, uma folha de cálculo que permitiu analisar os possíveis ganhos conseguidos com esta mudança. Uma análise feita pela empresa determinou um custo de 6 €/m² por mês gasto no armazém de produto acabado. Considerando a área útil de 1273 m², o valor total gasto num ano com o armazenamento é de 91 656 €.

Tendo em conta que o peso das paletes é variável consoante a altura a que estas são embaladas, a sua influência no estudo não foi considerada.

Desta forma, concluiu-se que a altura de uma encomenda que minimizava o valor gasto, assumindo a possibilidade de empilhamento, para uma otimização do espaço na vertical tanto do armazém como dos camiões, é de 1.40 m.

### 4.2.2 *Layout*

Durante o período de elaboração da tese, esteve em estudo a possibilidade de alteração do *layout* do armazém. Para tal, foi desenhado o atual *layout* assumido pela empresa. Na Figura 28, já se encontra representada a distribuição dos lugares consoante a classificação apresentada na secção 4.1.4.

Para comparação entre as propostas apresentadas, consideraram-se os seguintes fatores:

- Taxa de utilização do espaço do armazém com o armazenamento
- Lugares para paletes
- Distância percorrida pelas paletes desde a sua entrada em armazém até à sua expedição
- Paletes com acesso direto

O atual *layout*, referente aos fatores assumidos, apresenta os seguintes valores:

| Taxa de utilização | Lugares para paletes | Distância percorrida por classificação | | | Paletes com acesso direto |
|---|---|---|---|---|---|
| | | A | B | C | |
| 64% | 714 | 72,44 m | 72,48 m | 102,53 m | 85 |

Tabela 13 – Caracterização do *layout* atual.

Com o objetivo de avaliar as diferentes propostas, estas foram desenhadas em AutoCAD e são apresentadas de seguida, juntamente com uma explicação das características de cada uma.

Na sua visão para o futuro, a empresa avalia que o mercado estará em expansão, o que, por sua vez, originará um aumento da produção própria. Para acompanhar este avanço, o armazém terá de ser capaz de armazenar um maior número de paletes, sem descurar a organização do mesmo.

## Cais

Existe uma proposta para a alteração do *layout* do cais juntamente com o do armazém. Na Figura 29, é possível ver a solução apresentada.

A alteração consiste na passagem dos fardos de cartão, que se encontram dentro do armazém, para o cais, visto tratar-se de um material que pode apanhar humidade. Assim, é libertado, dentro do armazém, mais espaço para guardar paletes com material para enviar aos clientes.

É possível ver a alteração do local das paletes para abastecer a produção, aumentando assim o espaço destinado à zona de preparação das encomendas.

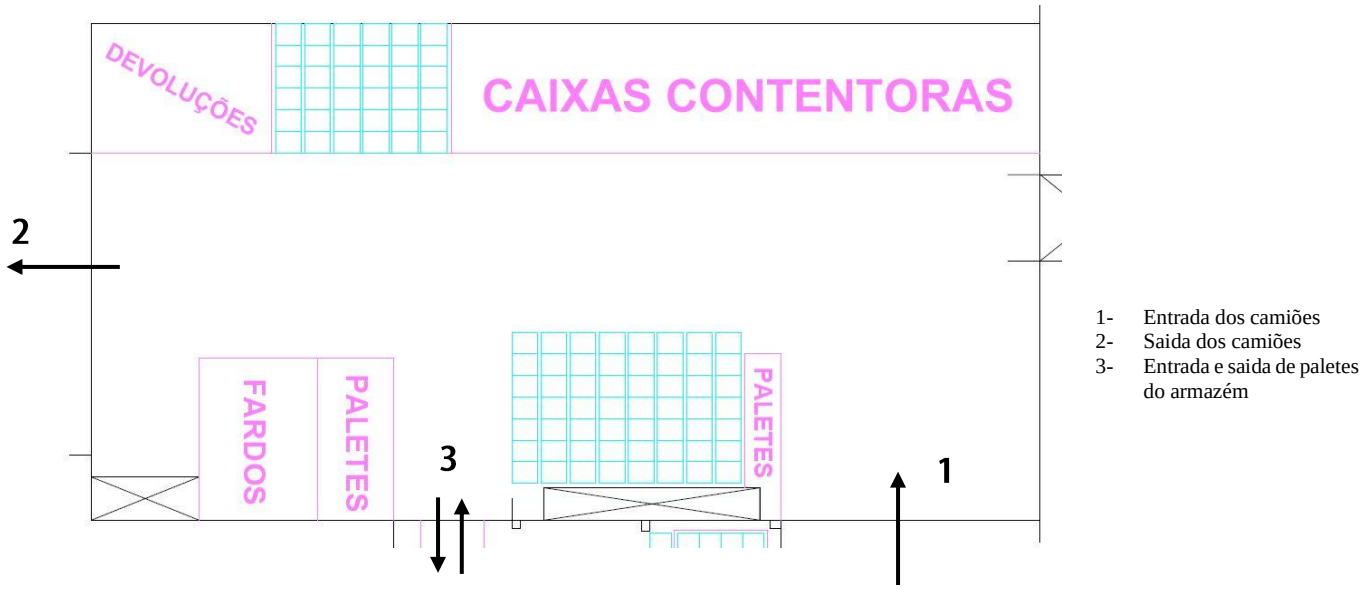



Figura 29 − Proposta de *layout* do cais.

Com uma zona capaz de receber 56 paletes de base, é possível organizar da melhor forma as cargas, diminuindo erros no carregamento.

As propostas de *layout* do armazém apresentadas de seguida têm como base esta alteração da disposição do cais, tal como a alteração da zona dos *blisters*.

## Proposta 1

A primeira proposta assenta no *layout* atual, apresentando soluções para combater os problemas estruturais, como os pilares, e tentando otimizar o espaço ocupado para o armazenamento.

Tal como no *layout* atual, existe apenas um corredor que dá acesso a todas as filas. Há a alteração de algumas filas, comparativamente com o atual, de forma a evitar os pilares existentes. Com a transferência dos fardos para o cais, existe a possibilidade de colocar mais 3 filas de paletes nesse lugar e aumentar a capacidade das filas que se encontravam em frente.

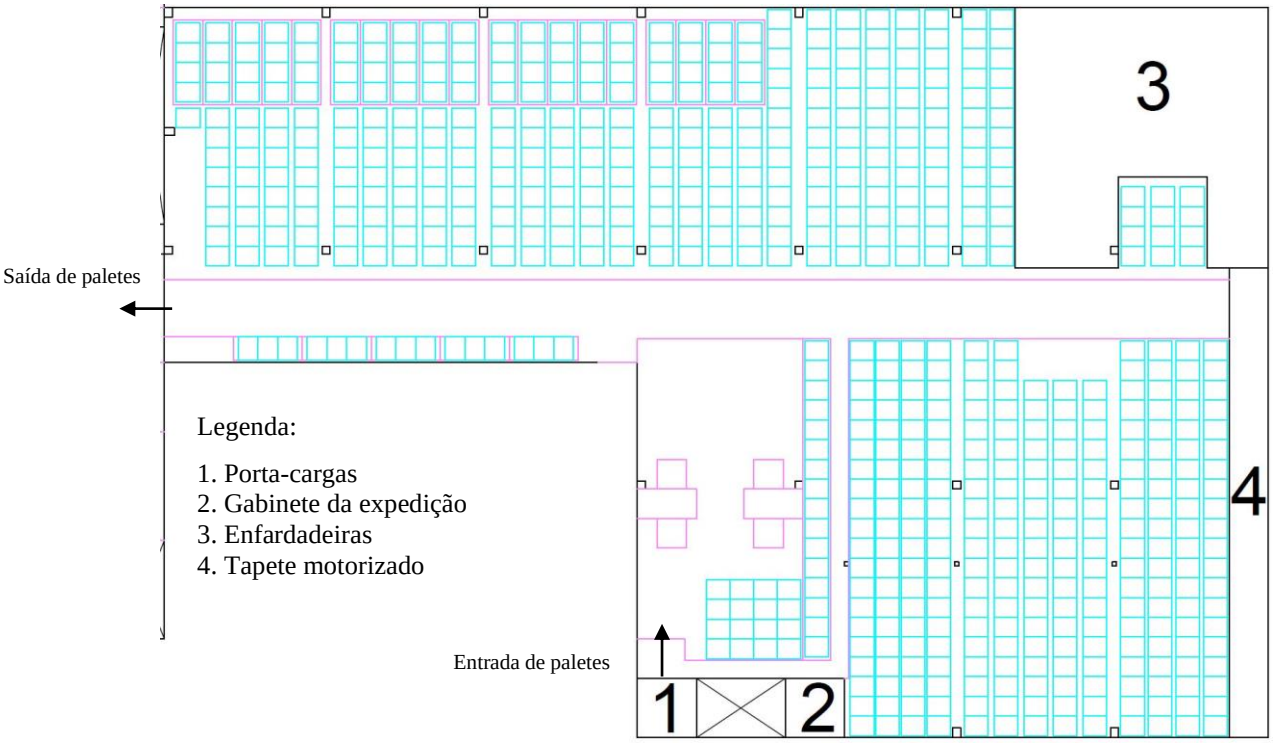



Figura 30 − Proposta de *layout* 1.

| Taxa de utilização | Lugares para paletes | Distância percorrida por classificação | | | Paletes com acesso direto |
|---|---|---|---|---|---|
| | | A | B | C | |
| 71% | 804 | 74,79 m | 73,66 m | 102,90 m | 89 |

Tabela 14 – Caracterização da proposta 1.

Com esta proposta, consegue-se alcançar 71% de utilização do espaço. É possível armazenar um número maior de paletes (804) e ainda aceder de forma direta a 89 paletes.

O principal problema desta proposta reside no facto de o *layout* apresentar filas muito longas, o que faz com que diferentes encomendas fiquem armazenadas na mesma fila, podendo ser necessário remover paletes para se conseguir chegar às paletes da encomenda pretendida.

No Anexo 3, é possível observar uma das alternativas para a distribuição das zonas do armazém relativamente às classificações, com os seguintes lugares por classificação:

| Classificação | Nº lugares |
|---|---|
| A | 162 paletes |
| B | 238 paletes |
| C | 404 paletes |

Tabela 15 − Lugares por classificação (*layout* 1).

## Proposta 2

A segunda proposta apresenta uma solução diferente, com vista a tentar evitar o problema da proposta anterior – filas de paletes demasiado compridas –, o que dificulta uma boa eficiência dos processos.

O *layout* 2 consiste também num corredor central que permite o acesso a 35 filas e às estantes. Para além disso, faz a ligação aos quatro corredores que dão acesso às restantes filas. A colocação das racks foi feita de forma a estarem em locais em que a altura do armazém é máxima.

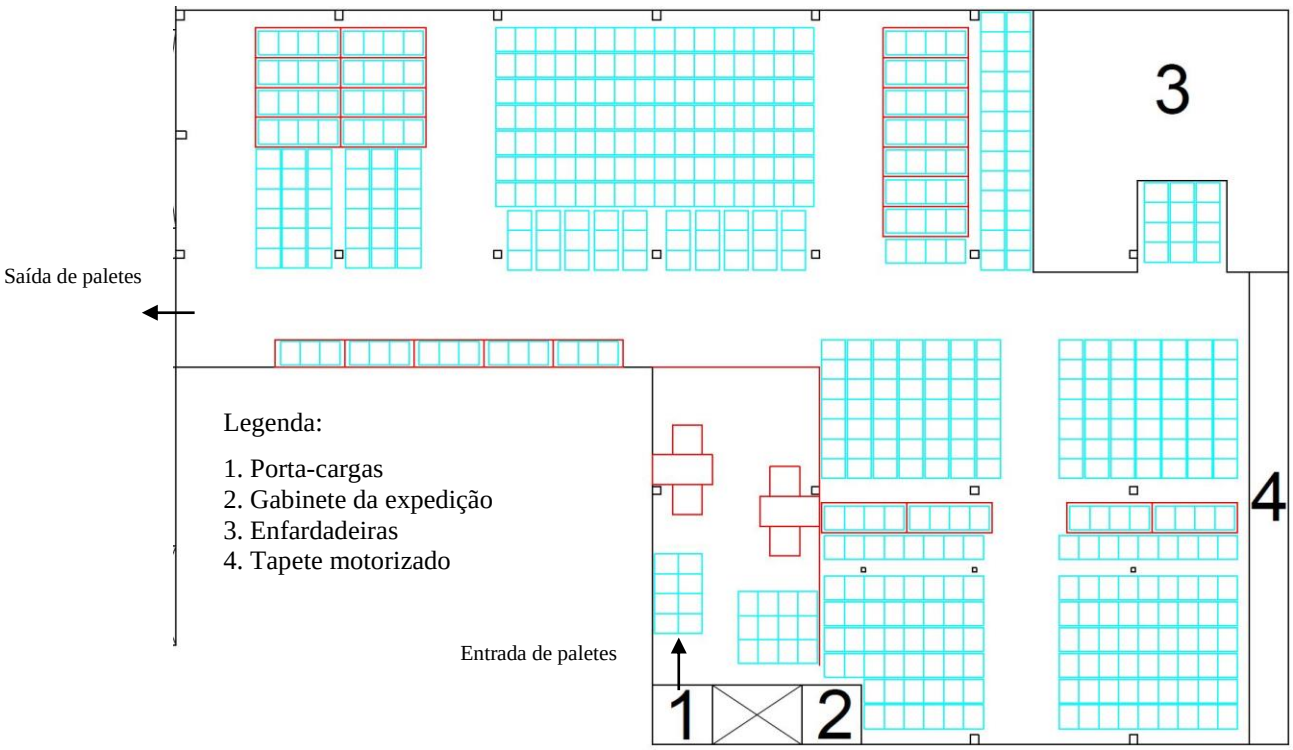



Figura 31 − Proposta de *layout* 2.

| Taxa de utilização | Lugares para paletes | Distância percorrida por classificação | | | Paletes com acesso direto |
|---|---|---|---|---|---|
| | | A | B | C | |
| 60% | 706 | 73,03 m | 88,68 m | 113,03 m | 162 |

Tabela 16 – Caracterização da proposta 2.

Com esta proposta, alcança-se 60% de utilização do espaço, consegue-se armazenar 706 paletes e as distâncias percorridas para cada classificação são as apresentadas. Possibilita ainda o acesso direto a 162 paletes.

Esta proposta, ao tentar diminuir o tamanho das filas, diminui o espaço ocupado de armazenagem e aumenta o espaço dos corredores.

No Anexo 4, podemos ver uma possibilidade de distribuição das zonas do armazém consoante as classificações, com os seguintes lugares por classificação:

| Classificação | Nº lugares |
|---|---|
| **A** | 141 paletes |
| **B** | 211 paletes |
| **C** | 354 paletes |

Tabela 17 − Lugares por classificação (*layout* 2).

## Proposta 3

A terceira proposta apresenta uma junção das duas propostas já apresentadas, mantendo o lado esquerdo do armazém igual à proposta 1 e o lado direito igual à proposta 2.

Similar às propostas anteriores, a ligação principal é feita por um corredor central, que permite o acesso a todas às filas posicionadas do lado esquerdo do armazém, assim como às estantes e a 14 filas do lado direito. Do lado direito, existe ainda um corredor perpendicular ao corredor central que dá acesso às restantes filas.

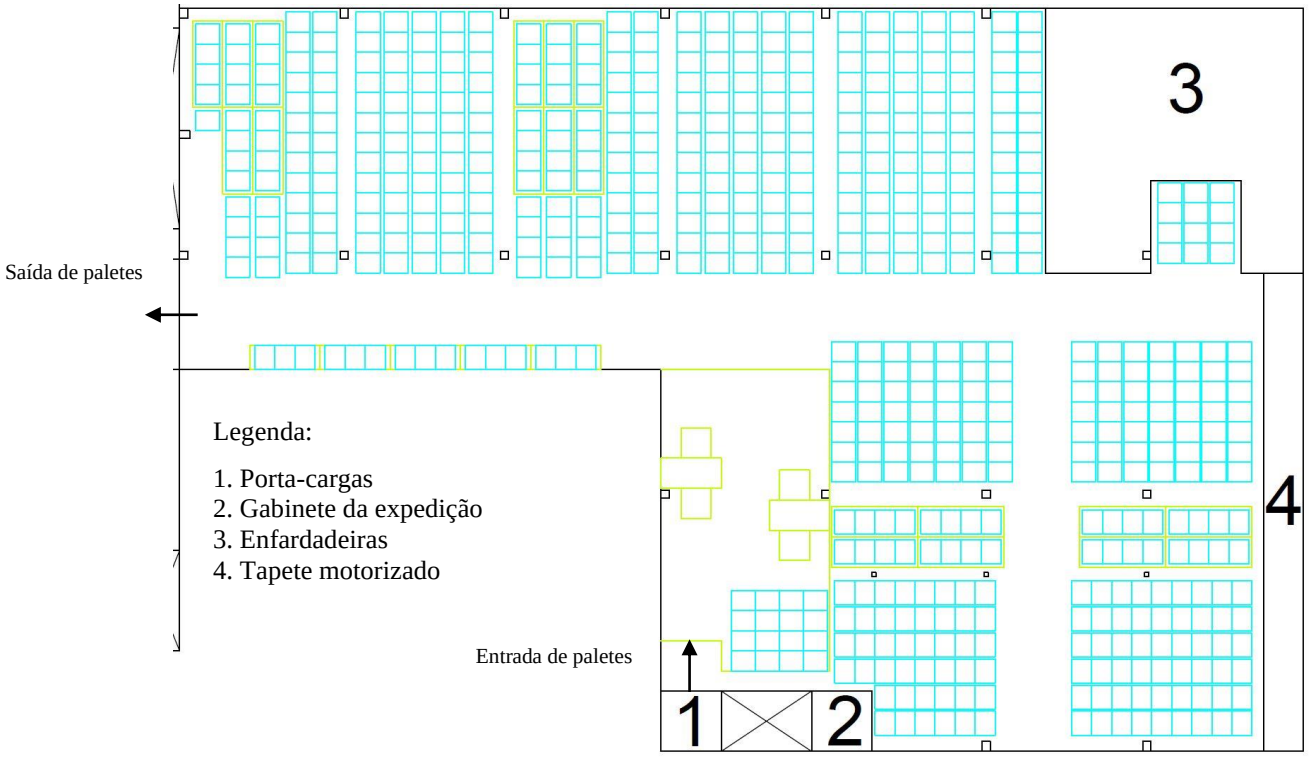



Figura 32 – Proposta de *layout* 3.

| Taxa de utilização | Lugares para paletes | Distância percorrida por classificação | | | Paletes com acesso direto |
|---|---|---|---|---|---|
| | | A | B | C | |
| 68% | 775 | 75,09 m | 76,10 m | 110,09 m | 113 |

Tabela 18 – Caracterização da proposta 3.

Esta proposta permite obter uma percentagem de utilização do espaço de 68%, lugar para 775 paletes e acesso direto a 113 paletes. Há ainda a diferenciação de distâncias percorridas mediante a classificação imposta.

Com esta proposta é possível alcançar valores intermédios relativamente às duas propostas já apresentadas.

No Anexo 5, visualiza-se uma possibilidade de distribuição das zonas do armazém consoante as classificações, com os seguintes lugares por classificação:

| Classificação | Nº lugares |
|---|---|
| A | 156 paletes |
| B | 232 paletes |
| C | 387 paletes |

Tabela 19 − Lugares por classificação (*layout* 3).

## Comparação das propostas

As três propostas foram efetuadas de forma a tentar colmatar os problemas encontrados durante a realização da tese. O facto de o pé direito do armazém ser relativamente baixo e de a maior parte das paletes poderem ser empilhadas tanto a dois níveis como a três, faz com que a possibilidade de utilizar mais racks e estantes do que as existentes não se viabilize. Assim, nenhuma das três propostas implica qualquer custo.

Na Tabela 20 é possível ver a comparação entre os diferentes fatores considerados para a escolha do *layout*.

| | Taxa de utilização | Lugares para paletes | Distância percorrida por classificação | | | Paletes com acesso direto |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | A | B | C | |
| Atual | **64%** | 714 | 72,44 m | 72,48 m | 102,53 m | 85 |
| Proposta 1 | **71%** | 804 | 74,79 m | 73,66 m | 102,90 m | 89 |
| Proposta 2 | **60%** | 706 | 73,03 m | 88,68 m | 113,03 m | 162 |
| Proposta 3 | **68%** | 775 | 75,09 m | 76,10 m | 110,09 m | 113 |

Tabela 20 − Comparação de propostas.

Através dos dados comparativos apresentados na Tabela 20 não é possível observar a capacidade máxima do armazém, pois apenas são considerados os lugares das paletes em que não existe empilhamento.

Tendo em vista um eventual crescimento da empresa e da sua produção, assim como a redução do custo de armazenamento de cada palete, havia um objetivo primordial que se traduzia num aumento da capacidade de armazenar paletes. Outro objetivo é a redução do tempo das preparações de carga que devido a filas muito longas no *layout* atual, originam perdas de tempo na procura das paletes e na movimentação de paletes que se encontram a obstruir o caminho para chegar à palete desejada.

As paletes podem ser empilhadas em um, dois ou três níveis e esse empilhamento depende da altura da palete que se quer armazenar. Considerando que para empilhar a três a altura máxima das paletes é de 1.40 m e para empilhar a dois níveis é de 2.15 m, através das percentagens desses intervalos de alturas, em virtude das paletes que são armazenadas no armazém em estudo representado na Figura 33, podemos chegar a valores médios do número máximo de paletes que se podem armazenar em função de cada uma das propostas.

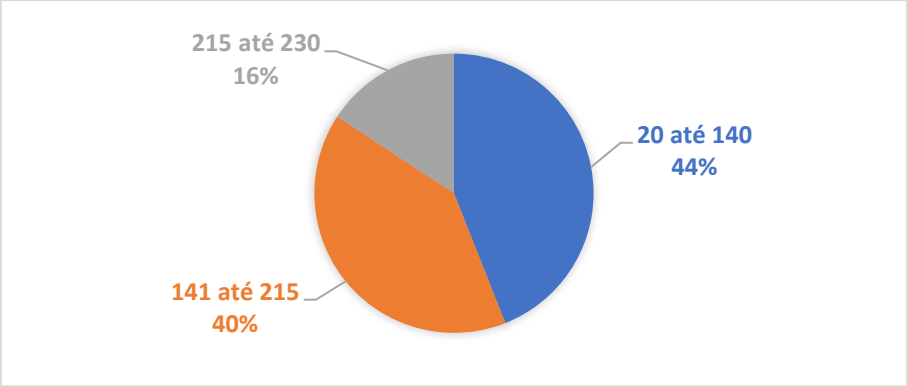



Figura 33 − Intervalo de alturas para empilhar.

Tendo em conta que as paletes armazenadas em racks e estantes já estão contabilizadas nos cálculos feitos anteriormente, pois não se encontram empilhadas, calcularam-se apenas os níveis para as paletes armazenadas em blocos. Na Tabela 21, estão os cálculos consoante as percentagens apresentadas na Figura 33, obtendo-se o número total de paletes que se estima conseguir armazenar em cada *layout*.

| | **PALETES** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Racks e Estantes | 1 Nível | 2 Níveis | 3 Níveis | Total |
| **ATUAL** | 241 | 76 | 189 | 208 | 1319 |
| **PROPOSTA 1** | 273 | 85 | 212 | 234 | 1484 |
| **PROPOSTA 2** | 273 | 69 | 173 | 191 | 1260 |
| **PROPOSTA 3** | 273 | 80 | 201 | 221 | 1418 |

Tabela 21 − Capacidade máxima das propostas.

O *layout* atual não apresenta a sua ocupação máxima devido a problemas estruturais do armazém, assim como à presença de fardos no seu interior que ocupam espaço que poderia ser utilizado para armazenar paletes com produto acabado. Este problema pode ser resolvido com a proposta 1, aumentando em 165 o número de paletes que se podem armazenar, o que equivale a um aumento de 12.5%.

O *layout* atual apresenta ainda filas muito longas de armazenamento, que originam perdas de paletes e elevados tempos de preparação das encomendas que se encontrem no fim das filas. A proposta 2 é uma solução, aumentando de 85 paletes com acesso direto para 162.

Contudo, apesar destas duas propostas proporcionarem uma boa solução para um dos problemas encontrados, agravam o outro. A proposta 1 tem filas ainda mais longas do que o *layout* atual. A proposta 2 origina uma diminuição da capacidade em 59 paletes, ou seja, uma diminuição de 4.5%.

Com vista a uma solução intermédia, estudou-se uma proposta que conseguisse resolver os dois principais problemas encontrados. A solução é a proposta 3 que permite aumentar a capacidade para 1418 paletes, isto é, + 7.5%, e consegue ainda um aumento de 28 paletes com acesso direto.

Relativamente às distâncias percorridas por classificação, estas têm tendência a aumentar, comparativamente ao *layout* atual, devido ao próprio aumento da capacidade e dos corredores, que permitem uma melhor organização.

Considerando um valor médio dos dias consoante as classificações, chegamos à conclusão de que a classificação A permanece, em média, 19 dias em armazém, a B permanece 64 dias e a C permanece 90 dias. Como um ano tem 365 dias, dividimos esses dias pela média de cada classificação e concluímos que os lugares com a classificação A rodam 19 vezes por ano, a classificação B roda 6 vezes e a classificação C roda 4 vezes. Através destes dados, juntamente com os dados da Tabela 21, assumimos os valores da Tabela 22.

| | **Atual** | **Proposta 1** | **Proposta 2** | **Proposta 3** |
|---|---|---|---|---|
| **A** | 19 x (1319 x 0.2) = 5016 | 19 x (1484 x 0.2) = 5643 | 19 x (1260 x 0.2) = 4788 | 19 x (1418 x 0.2) = 5396 |
| **B** | 6 x (1319 x 0.3) = 2376 | 6 x (1484 x 0.3) = 2670 | 6 x (1260 x 0.3) = 2268 | 6 x (1418 x 0.3) = 2550 |
| **C** | 4 x (1319 x 0.5) = 2636 | 4 x (1484 x 0.5) = 2968 | 4 x (1260 x 0.5) = 2520 | 4 x (1418 x 0.5) = 2836 |
| **Paletes por ano** | 10028 | 11281 | 9576 | 10782 |
| | | | | |
| **Preço por palete** | 9.14 € | 8.12 € | 9.57 € | 8.50 € |

Tabela 22 − Preço por palete.

Os valores 0.2, 0.3 e 0.5 representam a percentagem de lugares que cada classificação deve possuir para conseguir armazenar as paletes destinadas.

Na Tabela 22 destacam-se duas propostas, a proposta 1 e a 3, com os valores mais baixos de preço por palete. Este valor é alcançado dividindo o gasto total que a empresa tem com o armazém pelo número de paletes que se prevê passar pelo armazém num ano.

Tendo em vista os horizontes que a empresa pretende alcançar nos próximos anos, as propostas 1 e 3 permitem um aumento da capacidade de armazenamento. É necessário, porém, analisar os valores gastos nas movimentações realizadas em ambos os *layouts*.

Atendendo à rotação dos produtos, à quantidade de paletes armazenadas e às distâncias totais percorridas por classificação ABC, é possível apresentar a Tabela 23.

| PROPOSTA | Nº ROTAÇÕES | | PALETES ARMAZENADAS | | DISTÂNCIAS PERCORRIDAS [M] | | DISTÂNCIA TOTAL PERCORRIDA [M] | SOMA DAS DISTÂNCIAS [KM] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 4 | x | 742 | x | 74,79 | = | 305 407,2 | 924,119 |
| | 6 | x | 445 | x | 73,66 | = | 196 672,2 | |
| | 19 | x | 297 | x | 102,90 | = | 422 039,97 | |
| **3** | 4 | x | 709 | x | 75,09 | = | 312 215,24 | 911,456 |
| | 6 | x | 425 | x | 76,10 | = | 194 055 | |
| | 19 | x | 284 | x | 110,09 | = | 405 185,64 | |

Tabela 23 − Movimentações das propostas 1 e 3.

Assumindo a velocidade do empilhador no carregamento das paletes de 0.5 m/s e que os colaboradores recebem 4.5 €/h, obtiveram-se os valores anuais da Tabela 24.

| | PROPOSTA 1 | PROPOSTA 2 |
|---|---|---|
| **DISTÂNCIA TOTAL PERCORRIDA** | 924,119 km | 911,456 km |
| **TEMPO GASTO** | 513,4 h | 506,4 h |
| **VALOR GASTO** | 2311 € | 2279 € |

Tabela 24 − Valores das movimentações.

O valor apresentado da proposta 1 não tem em conta a eventualidade de ser necessário movimentar algumas paletes para chegar às paletes pretendidas, devido à existência de filas muito longas.

Assumindo-se que retirar todas as paletes das filas mais longas demora, em média, 60 minutos. No pior dos casos, essas movimentações extra equivalem a um dispêndio de 468 € por ano. Assim, somando os valores da Tabela 24 e dividindo pelo número de paletes por ano da Tabela 22, obtêm-se os seguintes resultados:

$$Proposta\ 1 = \frac{2311+468}{11281} = 0.25\ €/palete \qquad Proposta\ 3 = \frac{2279}{10782} = 0.21\ €/palete$$

Acrescentando estes valores aos valores do preço por palete da Tabela 22, observamos que o preço no *layout* 1 é de 8.37 €/palete e no *layout* 3 é de 8.71 €/palete. Assim, conclui-se que a melhor proposta apresentada é a proposta número um, com um aumento de 12.5% da capacidade de armazenamento.

# 5 Conclusões

A Calheiros Embalagens, empresa com meio século de existência, tem, ao longo dos anos, vindo a desenvolver medidas para se atualizar nas tecnologias e nas metodologias praticadas na atualidade. O armazém de produto acabado, alvo do estudo apresentado, tem sido o centro da atenção dos responsáveis da empresa, por acreditarem que existem problemas que necessitam de soluções.

O pretendido pela empresa é conseguir manter o armazém organizado e funcional, para assim minimizar custos de armazenamento.

O objetivo das propostas aqui apresentadas foi mitigar os problemas encontrados. Para a elaboração dessas propostas foi necessário adquirir o conhecimento dos processos e das áreas da responsabilidade do departamento de expedição, seguindo-se uma recolha e organização dos dados para uma melhor compreensão da situação.

O início do trabalho surgiu com uma avaliação da situação da empresa, seguida por uma identificação dos problemas principais e dos aspetos a melhorar. Foram encontradas oportunidades de melhoria que poderiam originar um aumento da eficácia dos processos.

As propostas foram divididas em curto prazo e médio/longo prazo, consoante o seu tempo de implementação.

Nas medidas de curto prazo destacam-se as propostas de reorganização da informação contida nas etiquetas que levará a uma diminuição de cerca de 10 segundos por palete nos carregamentos. A alteração da disposição dos equipamentos de envolver em filme as paletes originará uma redução das distâncias percorridas pelo operador e pelas paletes e assim obtemos uma diminuição de 18 m por palete. O mapeamento e a classificação ABC ajudará a uma rastreabilidade das paletes e assim eliminar o tempo despendido na procura das mesmas. De forma a aprimorar as tarefas e o controlo do armazém são apresentadas novas metodologias e indicadores capazes de transparecer a situação vivida pela empresa.

Nas medidas de médio/longo prazo, existe a proposta de embalamento do material com o objetivo de padronizar as alturas das paletes a fim de uma melhor utilização do espaço na vertical. Para além desta proposta, considerou-se da maior importância, uma alteração do *layout* do armazém, que pode originar um aumento de 12.5% da capacidade de armazenamento, e, por consequência, uma redução do custo de armazenamento por palete em cerca de 1€.

O tempo limitado para o desenvolvimento da tese, a par da situação de pandemia que se vive, atrasaram o desenrolar do projeto e impossibilitaram a implementação das propostas em tempo útil para a demonstração dos resultados obtidos. No entanto, foram simulados os impactos de cada proposta que permitiram encontrar a melhor solução.

Quanto às dificuldades sentidas, a maior delas foi a obtenção de dados. O software ERP utilizado pela empresa é o Primavera, mas a gestão de encomendas é efetuada por um software desenvolvido pelo responsável de informática da empresa. No momento de recolher as datas de saída de algumas encomendas, surgiu o problema: algumas encomendas ainda estavam no sistema, mas já não existiam em armazém. Este facto obrigou ao estudo de apenas uma amostra que, no entanto, apresentou credibilidade para obtenção dos dados pretendidos.

De futuro, há projetos que podem ser desenvolvidos na empresa de forma a proporcionar a continuação da melhoria dos processos em armazém. A análise dos embalamentos é um desses projetos, que pode passar por reformular o tipo de embalamento, a forma de embalamento, as alturas conseguidas com esses embalamentos, tentando uniformizá-las, minimizando os custos. Outro projeto poderia ser o estudo dos transportes, rotas, empresas transportadoras, camiões próprios, datas de entrega, visando a maximização do espaço utilizado dos camiões.

## Referências


Batista, Elisa. *Eficácia Das Operações Logísticas Em Armazém de Produto Acabado*, no Departamento de Engenharia Industrial e Gestão. 2016, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. p.55.

Bello, Maria. *Otimização Da Logística e Distribuição de Armazéns*, no Departamento de Engenharia e Gestão Industrial. 2011, Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa. p. 103.

Berg, J P Van Den, and W H M Zijm. *Models for Warehouse Management : Classification and Examples*. International Journal of Production Economics, 1999.

Campos, A. *A Gestão Da Cadeia de Suprimentos*. Edited by IESDE Brasil S.A, 2010.

Carvalho, J. *Logística e Gestão Da Cadeia de Abastecimento*. Edited by Edições Sílabo, 2012. 1st ed.

D'Alva, Danilsone. *Otimização Da Operação de Picking Em Armazéns (Reengenharia de Processos)*. 2015, Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto. p. 92.

Frazelle, Edward. 2002. *World-Class: Warehousing and Material Handling*. McGraw-Hill.

Gu, Jinxiang, Marc Goetschalckx, and Leon F. McGinnis. *Research on Warehouse Design and Performance Evaluation: A Comprehensive Review*. European Journal of Operational Research, 2010.

Guedes, Alcibíades. 2017a. "Armazenagem e Movimentação de Materiais.". Suporte de Aulas, FEUP.

Guedes, Alcibíades. 2017b. "Introdução à Logística e à Gestão Da Cadeia de Abastecimento." Suporte de Aulas, FEUP.

Hassan, Mohsen M D. *A Framework for the Design of Warehouse Layout*. Journal os Facilities Management, 2002.

Hompel, Michael, and Thorsten Schmidt. 2007. *Warehouse Management: Automation and Organisation of Warehouse and Order Picking Systems*. *Warehouse Management*. Berlim: Springer Science.

Liebeskind, Art. *How to Optimize Your Warehouse Operations: 150 Time Tested Ways to Reduce Handling and Increase Productivity*. Industrial Data & Information, Incorporated (IDII), 2005.

Mecalux. *Estantes Paletização Compacta*. Disponível em: https://www.mecalux.pt/estantes-paletizacao/estantes-paletizacao-compacta. Acedido em 25/03/2020, 2020a.

Mecalux. *Estantes Paletização Convencional*. Disponível em: https://www.mecalux.pt/estantes-paletizacao/estantes-paletizacao-convencional. Acedido em 25/03/2020, 2020b.

Mecalux. *Estantes Paletização Dinâmica*. Disponível em: https://www.mecalux.pt/estantes-paletizacao/estantes-paletizacao-dinamica. Acedido em 25/03/2020, 2020c.

Mecalux. *Estantes Paletização Movirack*. Disponível em: https://www.mecalux.pt/estantes-paletizacao/estantes-paletizacao-movirack. Acedido em 25/03/2020, 2020d.

Mecalux. *Estantes Paletização Push-Back*. Disponível em: https://www.mecalux.com.br/cargas-paletizadas/push-back-armazenagem. Acedido em 20/03/2020, 2020e.

Melo, Márcio. *Lean Manufacturing Aplicado Ao Setor Da Logística*, no Departamento de Engenharia Mecânica. 2016, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. p. 91.

R.T. White, Gareth, Georgina Gardiner, Guru Prabhakar, and Azley Abd Razak. *A Comparison of Barcoding and RFID: Technologies in Practice*. Journal of Information, Information Technology, and Organizations, 2007.

Richards, G. *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warwhouse*. Kogan Page, 2018.

Rother, M. e Shook, J. *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute Brookline, 1999.

Rushton, A., Croucher, P. e Baker, P. *The Handbook of Logistics and Distribution Management*. Kogan Page, 2014.

Santo, Maria. *Optimização de Armazéns e Fluxos Na Faurecia, Assentos Para Automóvel Lda*, no Departamento de Engenharia Industrial e Gestão. 2008, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. p. 63.

Schmidt, G., e Wilhelm, W. *Strategic, Tactical and Operational Decisions in Multi-National Logistics Networks: A Review and Discussion of Modelling Issues*. International Journal of Production Research, 2000

Shingo, S. *Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: Uma Revolução Nos Sistemas Produtivos*. Edited by Bookman, 2000.

Stazzone, S. *6 Types of Warehouse Storage Systems*. Disponível em: https://www.camcode.com/asset-tags/types-of-warehouse-storage-systems/. Acedido em 17/04/2020, 2020.

Warehouse Storage Solutions. *Double Deep Pallet Racking*. Disponível em: https://www.link51.com/pallet-racking/double-deep-pallet-racking. Acedido em 20/03/2020, 2020.

# ANEXOS

## Anexo 1

| | | [m] | | | [m] | | | Total de metros percorridos [m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Porta-Cargas | -----> | 56,05 | 1 | Esq | 24,2 | -----> | Zona de Preparação | 80,25 |
| | -----> | 51,25 | 2 | Esq | 22,4 | -----> | | 73,65 |
| | -----> | 49,75 | 3 | Esq | 23,9 | -----> | | 73,65 |
| | -----> | 48,25 | 4 | Esq | 25,4 | -----> | | 73,65 |
| | -----> | 46,75 | 5 | Esq | 26,9 | -----> | | 73,65 |
| | -----> | 45,8 | 6 | Esq | 31,95 | -----> | | 77,75 |
| | -----> | 43,75 | 7 | Esq | 29,9 | -----> | | 73,65 |
| | -----> | 42,25 | 8 | Esq | 31,4 | -----> | | 73,65 |
| | -----> | 40,75 | 9 | Esq | 32,9 | -----> | | 73,65 |
| | -----> | 39,25 | 10 | Esq | 34,4 | -----> | | 73,65 |
| | -----> | 38,3 | 11 | Esq | 36,45 | -----> | | 74,75 |
| | -----> | 36,25 | 12 | Esq | 37,4 | -----> | | 73,65 |
| | -----> | 34,75 | 13 | Esq | 38,9 | -----> | | 73,65 |
| | -----> | 33,25 | 14 | Esq | 40,4 | -----> | | 73,65 |
| | -----> | 31,75 | 15 | Esq | 41,9 | -----> | | 73,65 |
| | -----> | 33,8 | 16 | Esq | 43,95 | -----> | | 77,75 |
| | -----> | 28,75 | 17 | Esq | 44,9 | -----> | | 73,65 |
| | -----> | 27,25 | 18 | Esq | 46,4 | -----> | | 73,65 |
| | -----> | 25,75 | 19 | Esq | 47,9 | -----> | | 73,65 |
| | -----> | 27,25 | 20 | Esq | 49,6 | -----> | | 76,85 |
| | -----> | 28,55 | 21 | Esq | 50,9 | -----> | | 79,45 |
| | -----> | 30,6 | 22 | Esq | 52,94 | -----> | | 83,54 |
| | -----> | 32,2 | 23 | Esq | 54,51 | -----> | | 86,71 |
| | -----> | 33,8 | 24 | Esq | 56,09 | -----> | | 89,89 |
| | -----> | 35,3 | 25 | Esq | 57,6 | -----> | | 92,9 |
| | -----> | 36,8 | 26 | Esq | 59,13 | -----> | | 95,93 |
| | -----> | 38,5 | 27 | Esq | 60,85 | -----> | | 99,35 |
| | -----> | 39,8 | 28 | Esq | 62,15 | -----> | | 101,95 |
| | -----> | 44,15 | 1 | Estante | 18,7 | -----> | | 62,85 |
| | -----> | 40,65 | 2 | Estante | 22,2 | -----> | | 62,85 |
| | -----> | 37,15 | 3 | Estante | 25,7 | -----> | | 62,85 |
| | -----> | 33,65 | 4 | Estante | 29,2 | -----> | | 62,85 |
| | -----> | 30,15 | 5 | Estante | 32,7 | -----> | | 62,85 |
| | -----> | 31,45 | 1 | Drt | 53,8 | -----> | | 85,25 |
| | -----> | 33,15 | 2 | Drt | 55,5 | -----> | | 88,65 |
| | -----> | 38,03 | 3 | Drt | 60,38 | -----> | | 98,41 |
| | -----> | 39,28 | 4 | Drt | 61,63 | -----> | | 100,91 |
| | -----> | 40,53 | 5 | Drt | 62,88 | -----> | | 103,41 |
| | -----> | 41,98 | 6 | Drt | 64,13 | -----> | | 106,11 |
| | -----> | 43,95 | 7 | Drt | 66,3 | -----> | | 110,25 |
| | -----> | 45,3 | 8 | Drt | 67,65 | -----> | | 112,95 |
| | -----> | 47,75 | 9 | Drt | 70,1 | -----> | | 117,85 |
| | -----> | 49,1 | 10 | Drt | 71,45 | -----> | | 120,55 |
| | -----> | 50,45 | 11 | Drt | 72,8 | -----> | | 123,25 |
| | -----> | 52,65 | 12 | Drt | 75 | -----> | | 127,65 |
| | -----> | 53,95 | 13 | Drt | 76,3 | -----> | | 130,25 |
| | -----> | 55,25 | 14 | Drt | 77,6 | -----> | | 132,85 |
| | -----> | 56,55 | 15 | Drt | 78,9 | -----> | | 135,45 |

# Anexo 2

| Percentagem de ocupação | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Alturas | Armazém 4,30 m | | Transporte 2,80 m | |
| | Ocupação | Níveis | Ocupação | Níveis |
| 2,3 | 53,5% | 1 | 82,1% | 1 |
| 2,29 | 53,3% | 1 | 81,8% | 1 |
| 2,28 | 53,0% | 1 | 81,4% | 1 |
| 2,27 | 52,8% | 1 | 81,1% | 1 |
| 2,26 | 52,6% | 1 | 80,7% | 1 |
| 2,25 | 52,3% | 1 | 80,4% | 1 |
| 2,24 | 52,1% | 1 | 80,0% | 1 |
| 2,23 | 51,9% | 1 | 79,6% | 1 |
| 2,22 | 51,6% | 1 | 79,3% | 1 |
| 2,21 | 51,4% | 1 | 78,9% | 1 |
| 2,2 | 51,2% | 1 | 78,6% | 1 |
| 2,19 | 50,9% | 1 | 78,2% | 1 |
| 2,18 | 50,7% | 1 | 77,9% | 1 |
| 2,17 | 50,5% | 1 | 77,5% | 1 |
| 2,16 | 50,2% | 1 | 77,1% | 1 |
| 2,15 | 100,0% | 2 | 76,8% | 1 |
| 2,14 | 99,5% | 2 | 76,4% | 1 |
| 2,13 | 99,1% | 2 | 76,1% | 1 |
| 2,12 | 98,6% | 2 | 75,7% | 1 |
| 2,11 | 98,1% | 2 | 75,4% | 1 |
| 2,1 | 97,7% | 2 | 75,0% | 1 |
| 2,09 | 97,2% | 2 | 74,6% | 1 |
| 2,08 | 96,7% | 2 | 74,3% | 1 |
| 2,07 | 96,3% | 2 | 73,9% | 1 |
| 2,06 | 95,8% | 2 | 73,6% | 1 |
| 2,05 | 95,3% | 2 | 73,2% | 1 |
| 2,04 | 94,9% | 2 | 72,9% | 1 |
| 2,03 | 94,4% | 2 | 72,5% | 1 |
| 2,02 | 94,0% | 2 | 72,1% | 1 |
| 2,01 | 93,5% | 2 | 71,8% | 1 |
| 2 | 93,0% | 2 | 71,4% | 1 |
| 1,99 | 92,6% | 2 | 71,1% | 1 |
| 1,98 | 92,1% | 2 | 70,7% | 1 |
| 1,97 | 91,6% | 2 | 70,4% | 1 |
| 1,96 | 91,2% | 2 | 70,0% | 1 |
| 1,95 | 90,7% | 2 | 69,6% | 1 |
| 1,94 | 90,2% | 2 | 69,3% | 1 |
| 1,93 | 89,8% | 2 | 68,9% | 1 |
| 1,92 | 89,3% | 2 | 68,6% | 1 |
| 1,91 | 88,8% | 2 | 68,2% | 1 |
| 1,9 | 88,4% | 2 | 67,9% | 1 |
| 1,89 | 87,9% | 2 | 67,5% | 1 |
| 1,88 | 87,4% | 2 | 67,1% | 1 |
| 1,87 | 87,0% | 2 | 66,8% | 1 |
| 1,86 | 86,5% | 2 | 66,4% | 1 |
| 1,85 | 86,0% | 2 | 66,1% | 1 |

| Percentagem de ocupação | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Alturas | Armazém 4,30 m | | Transporte 2,80 m | |
| | Ocupação | Níveis | Ocupação | Níveis |
| 1,84 | 85,6% | 2 | 65,7% | 1 |
| 1,83 | 85,1% | 2 | 65,4% | 1 |
| 1,82 | 84,7% | 2 | 65,0% | 1 |
| 1,81 | 84,2% | 2 | 64,6% | 1 |
| 1,8 | 83,7% | 2 | 64,3% | 1 |
| 1,79 | 83,3% | 2 | 63,9% | 1 |
| 1,78 | 82,8% | 2 | 63,6% | 1 |
| 1,77 | 82,3% | 2 | 63,2% | 1 |
| 1,76 | 81,9% | 2 | 62,9% | 1 |
| 1,75 | 81,4% | 2 | 62,5% | 1 |
| 1,74 | 80,9% | 2 | 62,1% | 1 |
| 1,73 | 80,5% | 2 | 61,8% | 1 |
| 1,72 | 80,0% | 2 | 61,4% | 1 |
| 1,71 | 79,5% | 2 | 61,1% | 1 |
| 1,7 | 79,1% | 2 | 60,7% | 1 |
| 1,69 | 78,6% | 2 | 60,4% | 1 |
| 1,68 | 78,1% | 2 | 60,0% | 1 |
| 1,67 | 77,7% | 2 | 59,6% | 1 |
| 1,66 | 77,2% | 2 | 59,3% | 1 |
| 1,65 | 76,7% | 2 | 58,9% | 1 |
| 1,64 | 76,3% | 2 | 58,6% | 1 |
| 1,63 | 75,8% | 2 | 58,2% | 1 |
| 1,62 | 75,3% | 2 | 57,9% | 1 |
| 1,61 | 74,9% | 2 | 57,5% | 1 |
| 1,6 | 74,4% | 2 | 57,1% | 1 |
| 1,59 | 74,0% | 2 | 56,8% | 1 |
| 1,58 | 73,5% | 2 | 56,4% | 1 |
| 1,57 | 73,0% | 2 | 56,1% | 1 |
| 1,56 | 72,6% | 2 | 55,7% | 1 |
| 1,55 | 72,1% | 2 | 55,4% | 1 |
| 1,54 | 71,6% | 2 | 55,0% | 1 |
| 1,53 | 71,2% | 2 | 54,6% | 1 |
| 1,52 | 70,7% | 2 | 54,3% | 1 |
| 1,51 | 70,2% | 2 | 53,9% | 1 |
| 1,5 | 69,8% | 2 | 53,6% | 1 |
| 1,49 | 69,3% | 2 | 53,2% | 1 |
| 1,48 | 68,8% | 2 | 52,9% | 1 |
| 1,47 | 68,4% | 2 | 52,5% | 1 |
| 1,46 | 67,9% | 2 | 52,1% | 1 |
| 1,45 | 67,4% | 2 | 51,8% | 1 |
| 1,44 | 67,0% | 2 | 51,4% | 1 |
| 1,43 | 99,8% | 3 | 51,1% | 1 |
| 1,42 | 99,1% | 3 | 50,7% | 1 |
| 1,41 | 98,4% | 3 | 50,4% | 1 |
| 1,4 | 97,7% | 3 | 100,0% | 2 |
| 1,39 | 97,0% | 3 | 99,3% | 2 |

| Percentagem de ocupação | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Alturas | Armazém 4,30 m | | Transporte 2,80 m | |
| | Ocupação | Níveis | Ocupação | Níveis |
| 1,38 | 96,3% | 3 | 98,6% | 2 |
| 1,37 | 95,6% | 3 | 97,9% | 2 |
| 1,36 | 94,9% | 3 | 97,1% | 2 |
| 1,35 | 94,2% | 3 | 96,4% | 2 |
| 1,34 | 93,5% | 3 | 95,7% | 2 |
| 1,33 | 92,8% | 3 | 95,0% | 2 |
| 1,32 | 92,1% | 3 | 94,3% | 2 |
| 1,31 | 91,4% | 3 | 93,6% | 2 |
| 1,3 | 90,7% | 3 | 92,9% | 2 |
| 1,29 | 90,0% | 3 | 92,1% | 2 |
| 1,28 | 89,3% | 3 | 91,4% | 2 |
| 1,27 | 88,6% | 3 | 90,7% | 2 |
| 1,26 | 87,9% | 3 | 90,0% | 2 |
| 1,25 | 87,2% | 3 | 89,3% | 2 |
| 1,24 | 86,5% | 3 | 88,6% | 2 |
| 1,23 | 85,8% | 3 | 87,9% | 2 |
| 1,22 | 85,1% | 3 | 87,1% | 2 |
| 1,21 | 84,4% | 3 | 86,4% | 2 |
| 1,2 | 83,7% | 3 | 85,7% | 2 |
| 1,19 | 83,0% | 3 | 85,0% | 2 |
| 1,18 | 82,3% | 3 | 84,3% | 2 |
| 1,17 | 81,6% | 3 | 83,6% | 2 |
| 1,16 | 80,9% | 3 | 82,9% | 2 |
| 1,15 | 80,2% | 3 | 82,1% | 2 |
| 1,14 | 79,5% | 3 | 81,4% | 2 |
| 1,13 | 78,8% | 3 | 80,7% | 2 |
| 1,12 | 78,1% | 3 | 80,0% | 2 |
| 1,11 | 77,4% | 3 | 79,3% | 2 |
| 1,1 | 76,7% | 3 | 78,6% | 2 |
| 1,09 | 76,0% | 3 | 77,9% | 2 |
| 1,08 | 75,3% | 3 | 77,1% | 2 |
| 1,07 | 99,5% | 4 | 76,4% | 2 |
| 1,06 | 98,6% | 4 | 75,7% | 2 |
| 1,05 | 97,7% | 4 | 75,0% | 2 |
| 1,04 | 96,7% | 4 | 74,3% | 2 |
| 1,03 | 95,8% | 4 | 73,6% | 2 |
| 1,02 | 94,9% | 4 | 72,9% | 2 |
| 1,01 | 94,0% | 4 | 72,1% | 2 |
| 1 | 93,0% | 4 | 71,4% | 2 |
| 0,99 | 92,1% | 4 | 70,7% | 2 |
| 0,98 | 91,2% | 4 | 70,0% | 2 |
| 0,97 | 90,2% | 4 | 69,3% | 2 |
| 0,96 | 89,3% | 4 | 68,6% | 2 |
| 0,95 | 88,4% | 4 | 67,9% | 2 |
| 0,94 | 87,4% | 4 | 67,1% | 2 |
| 0,93 | 86,5% | 4 | 99,6% | 3 |

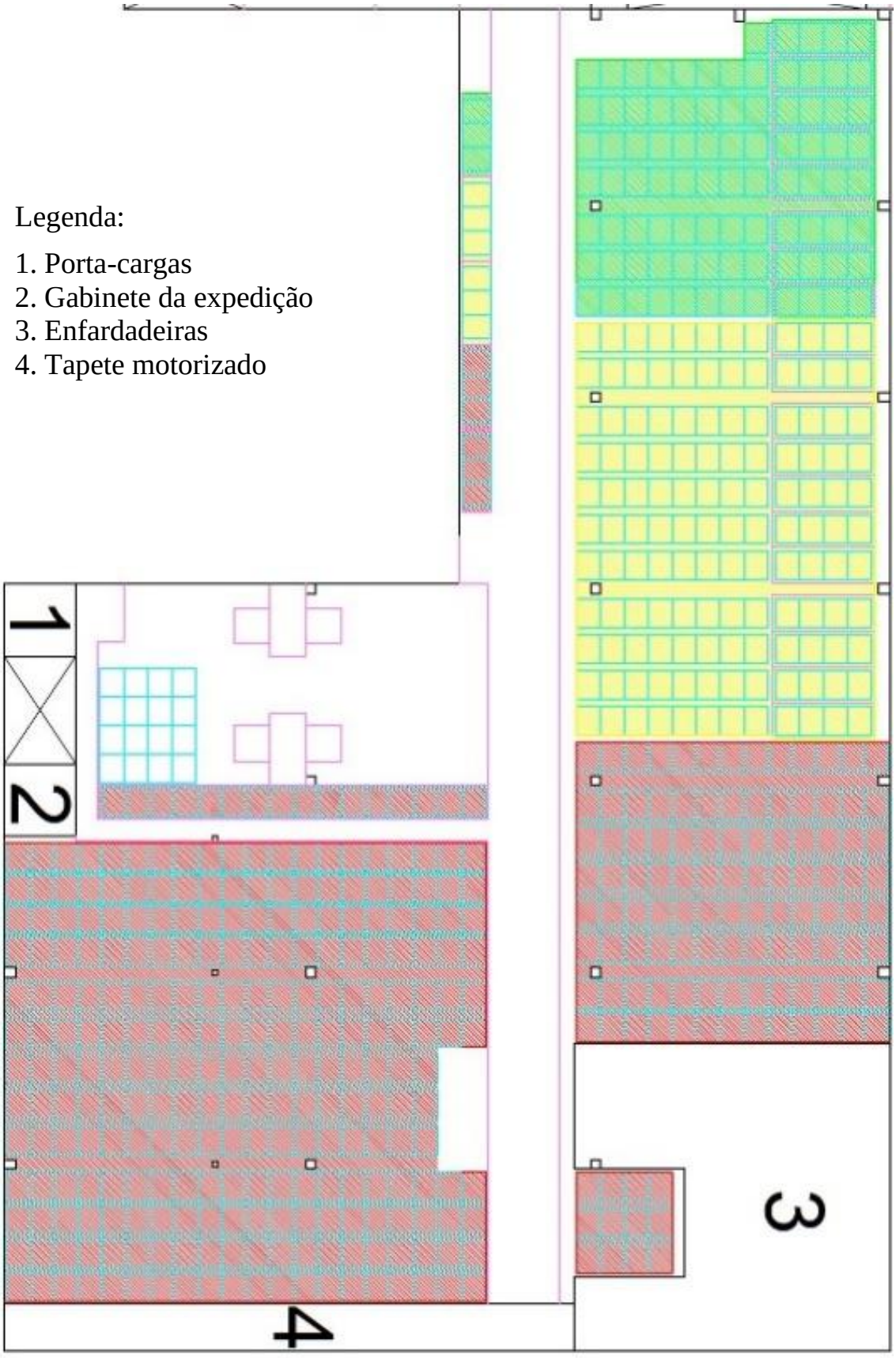
| Percentagem de ocupação | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Alturas | Armazém 4,30 m | | Transporte 2,80 m | |
| | Ocupação | Níveis | Ocupação | Níveis |
| 0,92 | 85,6% | 4 | 98,6% | 3 |
| 0,91 | 84,7% | 4 | 97,5% | 3 |
| 0,9 | 83,7% | 4 | 96,4% | 3 |
| 0,89 | 82,8% | 4 | 95,4% | 3 |
| 0,88 | 81,9% | 4 | 94,3% | 3 |
| 0,87 | 80,9% | 4 | 93,2% | 3 |
| 0,86 | 100,0% | 5 | 92,1% | 3 |
| 0,85 | 98,8% | 5 | 91,1% | 3 |
| 0,84 | 97,7% | 5 | 90,0% | 3 |
| 0,83 | 96,5% | 5 | 88,9% | 3 |
| 0,82 | 95,3% | 5 | 87,9% | 3 |
| 0,81 | 94,2% | 5 | 86,8% | 3 |
| 0,8 | 93,0% | 5 | 85,7% | 3 |

## Anexo 3

| | |
|---|---|
| **A** | 162 paletes |
| **B** | 238 paletes |
| **C** | 404 paletes |

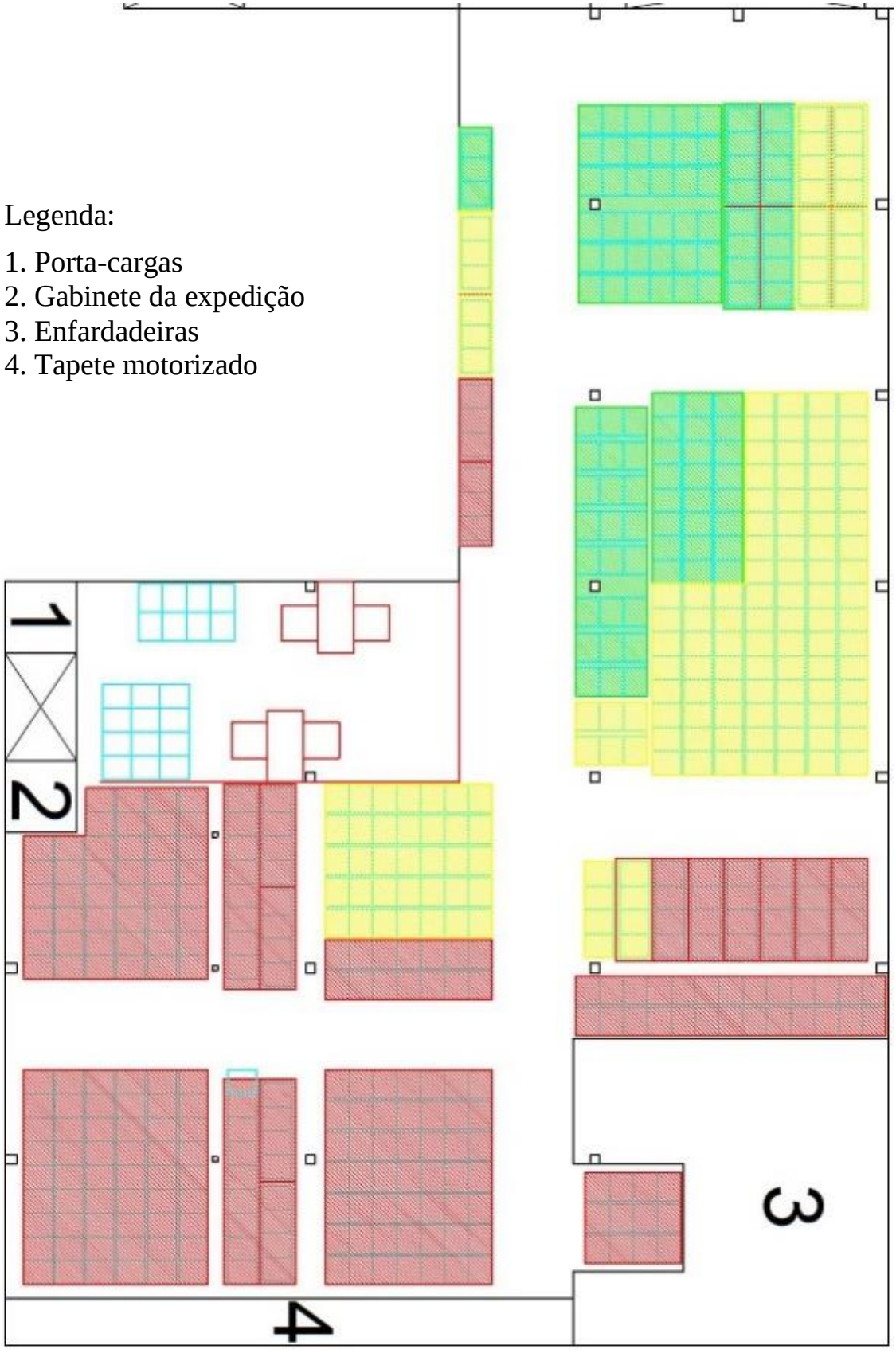
Legenda:

1. Porta-cargas
2. Gabinete da expedição
3. Enfardadeiras
4. Tapete motorizado



## Anexo 4

| | |
|---|---|
| **A** | 141 paletes |
| **B** | 211 paletes |
| **C** | 354 paletes |



## Anexo 5

| | |
|---|---|
| **A** | 156 paletes |
| **B** | 232 paletes |
| **C** | 387 paletes |

