



Melhoria Contínua na indústria de produção de resinas naturais

TIAGO JORGE MACHADO COSTA

Julho de 2023

Melhoria Contínua na Indústria de Produção de Resinas Naturais



Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química, na área de Energia e Biorrefinaria

Realização: Tiago Jorge Machado Costa (1180487)

Orientação: Engenheiro Nuno Costa
Engenheira Susana Sousa

Entrega: 10/07/2023

“Sísifo
Recomeça...
Se puderes
Sem angústia
E sem pressa.”

-Miguel Torga

Agradecimentos

Agradecer é um ato de reconhecimento. É reconhecer gestos, atos e atitudes como boas. É admirar, partes ou um todo. Agradecer é demonstrar, numa frase, que o que alguém fez por nós, é, de facto, notável.

Gostaria de agradecer à empresa Eurochemicals Pine Rosins Portugal S.A. por me receber novamente de braços abertos, assim como todos lá presentes. Desde as horas de lanche e almoço cheias de gargalhadas e alegria, aos momentos de trabalho em que ajuda e colaboração era sempre fornecida de forma atenciosa. Um agradecimento em especial ao meu orientador Engenheiro Nuno Costa por me ajudar a crescer novamente, por me ajudar a completar outra etapa do meu percurso académico, pela paciência, conhecimento e cultura que me transmitiu.

Agradeço também ao ISEP, como instituição, assim como a todos que o constituem e contribuíram de alguma forma para a minha formação, com especial atenção à minha orientadora Engenheira Susana Sousa pela sua atenção ao detalhe e perfeccionismo incansável.

Por último, mas de certa forma, o mais importante, gostaria de agradecer a todos os que me apoiaram e acreditaram em mim durante todo o meu percurso académico. Foi, sem dúvida, um percurso atribulado. No entanto, por cada dificuldade que tive, tive inúmeras pessoas do meu lado, a apoiar-me. Felizmente, para nomear todas estas pessoas necessitaria de um relatório à parte.

A todos, o meu mais sentido obrigado.

Sumário

O objetivo deste trabalho foi a implementação da metodologia *Lean* na empresa Eurochemicals Pinerosins Portugal S.A.. Esta implementação baseou-se no contraste entre os conceitos de valor e desperdício.

Através dos dados conhecidos aplicou-se o modelo de revisão contínua de forma a obter as quantidades económicas de encomenda, para minimizar desperdícios associados a movimentações desnecessárias de trabalhadores e de matérias-primas.

Em teoria, no período de 2019 até ao primeiro trimestre de 2023, seria possível poupar perto de 45 000 € em custos associados ao *stock*. No entanto, do ponto de vista logístico não seria vantajoso, dado as quantidades encomendadas serem muito altas. Contabilizando a variação dos preços do transporte, no entanto, foi possível concluir que seria possível reduzir as quantidades compradas e poupar em simultâneo, comparando com as quantidades reais.

As taxas de juro têm um papel importante nos níveis de stock, dado o seu custo de posse estar diretamente relacionado com estas taxas. É possível diminuir a capacidade máxima da empresa relativamente à capacidade máxima estimada em 29% e 37%, para juros baixos e altos (respetivamente).

Para a reestruturação do armazém, foram criados cinco cenários da sua disposição através da aplicação *SketchUp*. Estes cenários foram avaliados segundo os critérios: Funcionalidade, Aproveitamento e Financiamento.

O Cenário 4 foi o selecionado, dado ser mais vantajoso a nível global. Estimou-se uma capacidade total de 300 paletes e, na realidade, este possui uma capacidade de 308. Relativamente ao sistema anterior, esta disposição é mais funcional, reduzindo desperdício.

No sentido do aperfeiçoamento do processo produtivo como um todo e de fornecer aos trabalhadores ferramentas para a sua execução, foram facultadas formações aos trabalhadores da produção, laboratório e manutenção. As temáticas abordadas foram: “Contextualização histórica da produção industrial”, “Metodologia *Lean*”, “Método A3” e “As 7 ferramentas da qualidade”. O objetivo destas foi a implementação do Método A3 para resolução estruturada de problemas, normalizando a utilização de ferramentas *Lean* no processo.

Palavras-chave: Metodologia *Lean*, melhoria contínua, *Stocks*, Sistema *Pull*, Método A3

Summary

The objective of this work is to implement Lean methodology in the company Eurochemicals Pinerosins Portugal S.A.. This implementation is based on the contrast between the concepts of value and waste.

Through the known data the continuous revision model was applied, in such a way as to obtain the economic order quantities to minimize waste associated with unnecessary movement of workers and goods.

In theory, in the period between 2019 until the first quarter of 2023, it would be possible to save up to 45 000 € in spending. However, from a logistics standpoint it would not be advantageous, given the economic order quantities being very high. Having into account the variation of the transportation prices, however, it was possible to conclude that it would still be possible to reduce the quantities of bought and simultaneously cut spending, comparing with the real quantities bought.

Interest rates have an important role to play in the stock level, given the possession cost being directly associated with these rates. It is possible to decrease the maximum stock level estimated by the company by 29% and 37%, when the rates are low and high (respectively).

To the restructuring works in the warehouse, five scenarios were created through the application SketchUp. These scenarios were evaluated according to the criteria: Functionality, Use and Financing.

Scenario 4 was selected, given it being the most advantageous, globally speaking. There was an estimated capacity of 300 pallets and, in reality, this scenario possesses a capacity of 308. Relatively to the previous system, the layout is more functional, reducing waste.

In the sense to lead the productive process to perfection as a whole, and to supply the workers the tools for its execution, the production, laboratory and maintenance factions were subjected to formative actions with the following contents: “Historic contextualization to industrial production”, “Lean Methodology”, “The A3 Method” and “The Seven Quality Tools”. The objective of this formative actions was the implementation of the A3 Method for structured problem-solving, normalizing the usage of Lean tools in the process.

Keywords: Lean Methodology, Continual Improvement, Stocks, Pull System, A3 Method

Índice

Melhoria Contínua na Indústria de Produção de Resinas Naturais	i
Agradecimentos.....	iii
Sumário.....	iv
Summary.....	v
Índice de tabelas	ix
Índice de Figuras	xi
1. Enquadramento.....	1
1.1 O trabalho.....	1
1.2 A Empresa.....	1
1.3 Estrutura.....	2
2. Introdução.....	5
2.1 <i>Lean</i> : origem e conceitos	5
2.1.1 Produção em massa e a produção <i>Lean</i>	5
2.1.2 Metodologia <i>Lean</i>	7
2.1.3 Princípios e desperdícios do <i>Lean</i>	8
2.2 Ferramentas e métodos.....	12
2.2.1 Ferramentas	12
3. Valor e cadeia de valor	15
3.1 Receção	15
3.2 Armazenamento Primário	15
3.3 Produção	17
3.4 Embalamento	17
3.5 Armazenamento Secundário	18
3.6 Expedição.....	19
3.7 Cadeia de Valor da Eurochemicals.....	19
4. Análise de <i>Stocks</i>	21
4.1 Custos associados ao stock	21
4.2 Modelos de Gestão de <i>stocks</i>	24
4.2.1 Modelo de Revisão Contínua.....	24
4.2.2 Modelo de Revisão Periódica.....	26
4.3 Análise ABC.....	27
4.4 Considerações para efeito de cálculo.....	29
4.4.1 Custo de Posse Unitário.....	30
4.4.2 Custo de Emissão de Encomenda	31
4.5 Resultados da Análise de <i>Stocks</i>	31

4.5.1	Matérias-Primas de Classe A.....	32
4.5.2	Matérias-primas de Classe B.....	37
4.5.3	Matérias-primas de classe C.....	42
4.6	Resultados Globais Financeiros e Logísticos.....	45
5.	Armazenamento <i>Lean</i>	49
5.1	Análise de Cenários	51
5.1.1	Cenário 1.....	52
5.1.2	Cenário 2.....	53
5.1.3	Cenário 3.....	55
5.1.4	Cenário 4.....	56
5.1.5	Cenário 5.....	57
5.1.6	Análise Global	58
5.2	Implementação.....	59
5.2.1	Aplicação do critério da Segurança.....	60
5.2.2	Distribuição dos Materiais.....	61
5.3	Implementação.....	63
6.	Resolução Estruturada de Problemas	65
6.1	Método A3	66
6.2	As Sete Ferramentas da Qualidade	69
6.3	Aplicação do Método A3	76
6.3.1	A implementação da mudança em ambiente industrial	76
6.3.2	Projeto 1.....	78
	Conclusões.....	81
	Bibliografia.....	82
A.	Anexos.....	84
A.1	Análise de Stocks.....	84
A.2	Dimensionamento.....	91
A.3	Análise de Cenários	93
A.4	Ocupação do armazém.....	94

Índice de tabelas

Tabela 2.1-Diferenciação entre a produção em massa e a produção Lean.....	7
Tabela 2.2-Os 7 desperdícios do Lean.....	10
Tabela 4.1 - Taxas de Juro anuais da Euribor no período de 2019 a 2023 (Triami Media, 2023).....	30
Tabela 4.2 - Custos de Posse e Transporte reais e teóricos da classe A.....	36
Tabela 4.3 - Custos reais e teóricos associados ao Stock das matérias-primas de classe B.	40
Tabela 4.4 - Custos reais e teóricos associados ao Stock das matérias-primas de classe C.	44
Tabela 4.5 - Capacidades máximas estimadas para as matérias-primas em estudo.	47
Tabela 4.7 - Poupança total de espaço contabilizando todas as matérias-primas.....	47
Tabela 5.1- Dados relativos ao dimensionamento das diferentes componentes do armazém.....	51
Tabela 5.2 - Análise Global dos diferentes cenários.	58
Tabela 5.3 - Classificação dos diferentes cenários e critérios.	59
Tabela 5.4 - Tabela de dupla entrada das incompatibilidades referentes aos químicos presentes na Eurochemicals.....	60
Tabela 5.5 – Organização das estantes no Cenário 4.	62
Tabela 6.1 - Conteúdos programáticos da apresentação feita aos trabalhadores da empresa.....	65
Tabela 6.2 - Exemplo de uma folha de verificação.	70
Tabela A 1 - Preçário de camiões/cisternas de acordo com a sua origem geográfica	84
Tabela A 2 - Preçário do custo de transporte de diferentes quantidades de matéria-prima Nacional e Ibérica.....	84
Tabela A 3 - Taxas de juro utilizadas no período entre 2019 e 2023.....	85
Tabela A 4 - Procura mensal média da MP-01 no período de 2019 a 2023.....	86
Tabela A 5 - Quantidades Económicas de Encomenda relativas à MP-01 para os diferentes anos.....	86
Tabela A 6 - Stock de Segurança relativo ao período de 2019 a 2023 para a MP-01.....	87
Tabela A 7 - Ponto de Encomenda referentes ao período de 2019 a 2023 para a MP-01.	87
Tabela A 8 - Modelo teórico relativo à MP-01 em 2019.....	88
Tabela A 9 - Custos associados ao Stock de MP-01 para diferentes custos de emissão de encomenda.....	90
Tabela A 10 - Dimensionamento de plataforma de colofónia sólida.	92
Tabela A 11 - Valores relativos aos números de paletes por filas nos diferentes cenários considerados.	93
Tabela A 12 - Valores relativos à ocupação máxima recomendada.....	95

Índice de Figuras

Figura 1- Colofónia.	1
Figura 2 - Esquema representativo do processo de tratamento da resina (Resipinus, 2022).	2
Figura 3 - a) IBCs e b) tanques.....	16
Figura 4 - Unidades de reatores da Eurochemicals.	17
Figura 5 - a) Tela de descarga refrigerada, b) Produto ensacado e colocado em paletes e c) Filmagem de paletes.....	18
Figura 6 - Armazém B.....	18
Figura 7 - Expedição do produto acabado num cais ajustável.	19
Figura 8 -Esquema representativo da cadeira de valor da Eurochemicals.	20
Figura 9 - Representação gráfica da evolução dos custos associados ao stock em função da quantidade (Adaptado de (Nigel Slack, 2007)).	23
Figura 10- Representação da relação entre o nível de serviço e o número de desvios padrões da média de uma distribuição normal (Galvão, 2023).	25
Figura 11 - Modelo de revisão contínua (Adaptado de (Nigel Slack, 2007)).....	26
Figura 12 - Modelo de revisão periódica (Adaptado de (Nigel Slack, 2007)).	27
Figura 13- Curva ABC (Adaptado (Carvalho, 2004)).....	28
Figura 14 - Análise ABC das matérias-primas presentes na Eurochemicals.....	32
Figura 15-a) Ponto de Encomenda e b) Quantidade Económica de Encomenda para a Classe A;.....	33
Figura 16 - Curvas reais e curvas teóricas das matérias-primas de classe A.....	35
Figura 17 - Custos mensais associados ao Stock da MP-01 com dados relativos ao ano de 2023.	37
Figura 18 -a) Pontos de Encomenda e b) Quantidades económicas de encomenda referentes à classe B.	38
Figura 19 - Curvas reais e teóricas relativas ao stock da MP-02 e MP-06.....	39
Figura 20 - Custos mensais associados ao stock da MP-02 no ano de 2019.....	41
Figura 21 - Custos associados ao stock da MP-02 no ano de 2023.....	41
Figura 22- a) Pontos de Encomenda e b) Quantidades económicas de encomenda referentes à classe C.	42
Figura 23 - Curvas teóricas e reais do stocks de MP-07 e de MPL-04.	43
Figura 24 - Custos mensais associados ao Stock da MP-07 com dados relativos ao ano de 2022(a) e 2023 (b).	45
Figura 25 - Redução de custos para as diferentes classes de matéria-prima, de 2019 ao primeiro trimestre de 2023.	46
Figura 26 - Representação dos armazéns da empresa antes da reestruturação.....	50
Figura 27 - Representação do Cenário 1 na aplicação Skecthup.....	53
Figura 28 - Representação do Cenário 2 na aplicação Skecthup.....	55
Figura 29 - Representação do Cenário 3 na aplicação Skecthup.....	55
Figura 30 - Cenário 4 representado na aplicação Sketchup.....	56
Figura 31 - Cenário 5 representado na aplicação SketchUp.....	57
Figura 32 - Representação da adição de outros elementos necessários através da aplicação SketchUp.	60
Figura 33 - Representação da distribuição das matérias-primas e materiais de embalamento ao longo do armazém A.	63
Figura 34- a) Corredor, b) Estacionamento do empilhador e c) Estacionamento do stacker.	64
Figura 35 - Folha A3 baseada em (Shook, 2008) por preencher;.....	67

Figura 36 - Folha fornecida com as questões relativas aos diferentes passos da aplicação do Método A3.....	69
Figura 37 - Exemplo de um Histograma.	71
Figura 38 - Exemplo prático de um Diagrama de Pareto.	71
Figura 39 - Exemplo prático de aplicação de um Diagrama de Espinha de Peixe (Adaptado (PNG EGG, 2023)).....	73
Figura 40 -Exemplo da utilização de um Diagrama de Dispersão.	74
Figura 41 - Exemplo de utilização de um Fluxograma.	74
Figura 42 -Exemplo da utilização de uma Carta de Controlo.	75
Figura 43 - Variação do peso médio dos sacos de produto ao longo do processo.	79
Figura 44 - Representação das dimensões relativas aos armazéns A1 e A2.	92

1. Enquadramento

1.1 O trabalho

No âmbito da realização da Dissertação/Estágio como parte do Mestrado em Engenharia Química, no ramo de Energias e Biorrefinaria, do Instituto Superior de Engenharia do Porto aplicou-se conceito de melhoria na indústria de produção de resinas naturais, visando o aumento da eficiência do processo produtivo da empresa Eurochemicals Pine Rosins Portugal S. A. (referida ao longo deste trabalho apenas como Eurochemicals), sediada em Viana do Castelo. Este trabalho realizou-se no período de setembro de 2022 a junho de 2023, com um horário inicial de 4 a 8 horas semanais de setembro a janeiro e com um horário final de 8 horas diárias e 5 dias semanais, no período de fevereiro a julho de 2023.

1.2 A Empresa

A empresa Eurochemicals é uma empresa de segunda transformação, ou seja, uma empresa que usa como matéria-prima o produto final de uma indústria de primeira transformação. A matéria-prima da Eurochemicals é a colofónia, a parte sólida da resina do pinheiro que à temperatura ambiente, apresenta-se no estado sólido como um produto vítreo amarelado, representada na Figura 1.



Figura 1- Colofónia.

Para a obtenção desta matéria-prima é necessário partir da resina bruta, uma segregação natural vegetal expelida quando as plantas do género *Pinus* sofrem dano físico. De modo a obter grandes quantidades de resina o processo de resinagem consiste na realização de cortes na casca de árvores para esta segregar a resina para sacos ou

púcaros. Após a recolha da resina esta ainda passa por um processo de limpeza, sendo depois acondicionada e transportada para uma indústria de primeira transformação. Em Portugal as principais espécies de árvore utilizadas para a produção de resina são o pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*) e o pinheiro-manso (*Pinus pinea*) (de mencionar que nem toda a resina utilizada para produzir colofónia é de origem portuguesa) (Resipinus, 2022).

A resina é recebida por uma indústria de primeira transformação na qual sofre um processo de amolecimento e seguidamente de destilação, com o objetivo de ser limpa e separada nas suas duas componentes principais: a colofónia (a sua parte sólida) e a terbentina ou aguarrás (a sua parte líquida). Ambas são utilizadas como matérias-primas para indústrias de segunda transformação, encontrando se representado na Figura 2 a cadeia que a resina segue para a transformação em colofónia e terbentina.



Figura 2 - Esquema representativo do processo de tratamento da resina (Resipinus, 2022).

Os principais produtos da Eurochemicals podem ser divididos em diferentes derivados da colofónia. No entanto, dentro desta categoria existe uma diversidade de produtos e de matérias-primas utilizadas.

1.3 Estrutura

O primeiro capítulo pretende introduzir o trabalho e a empresa em que o mesmo se realiza.

O segundo capítulo introduz os principais conceitos associados à metodologia *Lean*, distinguindo os conceitos de valor e de desperdício. Foram enumerados os vários tipos de desperdícios, os valores do *Lean* e algumas das ferramentas utilizadas nesta metodologia.

O terceiro capítulo consiste na definição da cadeia de valor da Eurochemicals. Esta foi dividida nas suas etapas principais de forma a ser possível compreender quais as principais fontes de desperdício.

O quarto capítulo é uma análise de stocks, na qual é elaborado o conceito de análise ABC, modelos de gestão de stocks, e os custos associados a *stocks*. Calcularam-se as quantidades económicas de encomenda para as diferentes classes de matéria-prima. Testou-se o efeito da variação das taxas de juro e dos custos de transporte nas quantidades económicas de encomenda.

O quinto capítulo consiste no planeamento da disposição do armazém após os trabalhos de reestruturação. Avaliaram-se os diferentes cenários propostos consoante diferentes critérios: Funcionalidade, Aproveitamento e Financiamento.

O sexto capítulo aborda as ações de formação realizadas na empresa. O objetivo destas foi a implementação do Método A3 na empresa, de maneira a fornecer os meios aos trabalhadores para implementar melhorias no processo produtivo.

2. Introdução

Neste capítulo é feita uma abordagem generalizada à metodologia *Lean*, à sua origem, ao paradigma de produção no qual esta se inseriu assim como o que distinguiu esta metodologia de produção das restantes metodologias dominantes da sua altura, tendo esta prevalecido e encontrado um lugar de prestígio perante qualquer tipo de indústria produtiva ou de fornecimento de serviços.

Para o estudo realizado ao longo desta dissertação é necessária a compreensão e integração dos conceitos e valores fundamentais desta metodologia, como, por exemplo, os 5 princípios e os 7 desperdícios associados ao *Lean*, tal como as ferramentas que permitem a análise crítica da empresa em estudo e dos dados associados à sua organização e processo produtivo de modo a possibilitar a implementação de melhorias.

2.1 *Lean*: origem e conceitos

O conceito de “Lean Thinking” foi referenciado pela primeira vez por Womack, Jones e Roos nos anos 90 no livro “A machine that changed the world” utilizado para descrever o novo paradigma de produção que tinha surgido na indústria automóvel, nomeadamente na Toyota nas décadas de 50/60.

No livro “Toyota production system” Taiichi Ohno elabora a evolução do sistema produtivo da empresa ao longo das décadas e a forma como este tipo de pensamento foi aplicado na empresa. Esta corrente de ideias mostrou-se revolucionária e bastante eficaz, tendo se disseminado lentamente nas empresas produtoras de automóveis japonesas, americanas e europeias.

Poucos anos após o livro “A machine that changed the world” ser escrito, os mesmos autores elaboraram outra obra intitulada “Lean Thinking” na qual procuram estabelecer os conceitos base desta corrente de pensamento, de maneira a tornar esta metodologia transversal a qualquer empresa que procurasse otimizar o seu processo produtivo.

2.1.1 Produção em massa e a produção *Lean*

Antes do surgimento do *Lean*, o sistema produtivo vigente era a produção em massa, caracterizado pela utilização de maquinaria com funcionalidades demasiado específicas, por trabalhadores com pouca formação para realizar trabalhos repetitivos. A

paragem deste tipo de linha de produção representava um alto nível de prejuízo, dada a sua baixa flexibilidade, tanto por parte dos equipamentos como dos trabalhadores que não tinham conhecimentos ou meios para sugerir métodos de operação alternativos. Ou seja, para garantir o funcionamento contínuo deste tipo de produção em massa era necessário um excedente de recursos para garantir um funcionamento em contínuo, sendo necessário mais trabalhadores, matérias-primas e espaço do que realmente seria necessário (James P. Womack D. T., 1990).

Em contraste, a produção *Lean* procura organizar a empresa e a cadeia de produção de modo a possibilitar a realização de todas as tarefas cruciais recorrendo apenas ao mínimo possível de recursos, tendo em conta matérias-primas, trabalhadores, tempo por tarefa e espaço. Este tipo de abordagem flexibiliza a produção através de trabalhadores mais especializados, com mais recursos e equipamentos menos específicos de modo a criar condições para maior diversidade de produtos e variabilidade de resolução de problemas.

O *Lean* é referido de forma recorrente anexado à ideia de melhoria contínua, isto deve-se à maior diferença existente entre a produção em massa e esta metodologia: o seu objetivo. A produção em massa procura produzir altas quantidades de produto com uma margem de desperdícios e defeitos aceitável, sob o pretexto que seria demasiado caro investir na correção dos mesmos, ao contrário da metodologia *Lean*, que procura a perfeição do processo, tentando continuamente minimizar e eliminar erros (James P. Womack D. T., 1990).

A perfeição é, por definição, algo inalcançável, sendo derivada de algo ideal, que quando transposto para a realidade irá sempre apresentar defeitos. Daí surge o conceito de melhoria contínua, pois é sempre possível implementar melhorias a um processo sem efetivamente alcançar um estado de idealidade (James P. Womack D. T., 1990).

Encontra-se na Tabela 2.1 a síntese das principais diferenças entre a metodologia *Lean* e a produção em massa.

Tabela 2.1-Diferenciação entre a produção em massa e a produção *Lean*.

	Produção em massa	Produção <i>Lean</i>
Trabalhadores	-Baixa formação -Tarefas simples, específicas e repetitivas	-Formação média/alta -Tarefas dinâmicas
<i>Stocks</i>	-Necessidade de garantir que não há quebras de produção	-Procura do “ <i>stock zero</i> ”
Flexibilidade	-Quase inexistente, linha de produção rigidamente definida	- Maior capacidade de alterações ao método padrão - Maior capacidade de resolução de erros
Maquinaria	-Grande, cara e para tarefas únicas	-Procura de uma maior eficiência e versatilidade
Objetivos	-Produção máxima sem paragens	-Produção necessária e otimizada

2.1.2 Metodologia *Lean*

Durante a década de 30 a produtividade das marcas japonesas não estava a conseguir acompanhar os níveis de produtividade das empresas europeias, muito menos as americanas. Constava que o rácio de produtividade de um trabalhador japonês comparativamente a um trabalhador alemão era de 1:3 e comparativamente a um trabalhador americano era de 1:9, o que significa que, para as empresas japonesas conseguirem competir com as empresas americanas cada trabalhador japonês teria de ter a produtividade de 10 trabalhadores, sendo que o então presidente da Toyota exigiu esse aumento da produtividade dar-se em 3 anos (Ohno, 1988).

Por muito curto que este período seja para realizar mudanças tão significativas numa empresa a realidade é que a Toyota até aos dias de hoje se manteve nos níveis mais altos de competição do mercado, o que apenas deixa a questão, “Que princípios seguiu essa empresa que seriam transversais para melhorar o funcionamento de qualquer empresa?”.

A resposta a esta questão prende-se nas duas máximas seguidas pela empresa, nas quais se baseia toda a metodologia *Lean* atual:

- *Just-in-time* (traduzido para “sempre a tempo”): consiste na matéria-prima que é necessária para determinada tarefa estar disponível na quantidade estritamente necessária, no momento estritamente necessário, partindo os produtos imediatamente para a etapa seguinte, na procura do “*stock zero*”;
- *Autonomação* (autonomia + automação): a definição deste termo prende-se na fusão das palavras que a formam, ou seja, um compromisso entre a autonomia

do trabalhador, que lhe permite tomar decisões e resolver problemas, e a automação da empresa, sendo que a maquinaria lhe permite realizar determinados processos de forma massiva, rápida e eficaz (Ohno, 1988).

O objetivo final de ambos estes princípios é o mesmo, a minimização do desperdício. É necessário, numa cadeia de produção, que todo e qualquer processo realizado dentro de uma empresa seja estritamente necessário e acrescente valor ao produto final, caso contrário, esse processo deve ser alterado, melhorado ou até eliminado.

2.1.3 Princípios e desperdícios do *Lean*

Através da análise do que foi estabelecido acerca da metodologia *Lean* até agora no decorrer deste trabalho, é possível afirmar que esta se resume a duas faces contrastantes: o valor e o desperdício, sendo o ótimo a maximização do primeiro e a minimização do segundo (Ohno, 1988).

Quando se fala de desperdício no contexto do *Lean* é recorrente o uso do termo japonês “muda” que pode ser traduzido para “desperdício”, sendo que antes da implementação do sistema produtivo da Toyota, Ohno definiu os sete tipos de desperdícios mais comuns em ambiente industrial.

Sobreprodução

A sobreprodução, é a produção de qualquer tipo de produto acima das exigências do mercado, deixando o mesmo acumular, sendo que para além deste tipo de produção já ser, em si mesma, um consumo de tempo, recursos e energia desnecessário, exige ainda custos adjacentes para o seu acondicionamento, ocupando mais tempo e espaço do que um produto que é realmente necessário, e que irá abandonar as instalações num futuro próximo. Em última instância, existe até o risco deste produto nem chegar a ser vendido, por alterações no mercado ou até pelo produto ultrapassar o seu prazo de validade, por exemplo.

Paragens

Durante o processo produtivo podem ocorrer várias paragens, derivadas de processos paralelos que não foram preparados antecipadamente, de materiais ou equipamentos que não se encontram disponíveis no momento ou por necessidade de

autorizações de superiores hierárquicos. O tempo é um recurso que deve ser meticulosamente gerido, pois, ao contrário de outro tipo de recursos, este não pode ser comprado ou aumentado, e qualquer instância em que o perdemos é um grande desperdício.

Movimentações de material

Na realidade empresarial é comum a movimentação de matérias-primas, material de embalagem, produto acabado e até mesmo ferramentas. No entanto, algumas destas movimentações não são estritamente necessárias, não acrescentando valor ao produto final, e perdendo tempo e recursos no processo.

Movimentações de trabalhadores

Nem todas as movimentações de trabalhadores acrescentam valor aos produtos finais. Por vezes, os trabalhadores encontram-se na empresa a realizar tarefas não cruciais. Podem encontrar-se a procurar ferramentas ou colegas que necessitam para determinada tarefa, quando poderiam estar a realizar a tarefa em si.

Desperdícios de processamento

O próprio processo produtivo deve sempre procurar acrescentar valor ao produto, ou seja, no final de cada etapa, o material que dá saída do processo deve estar significativamente mais perto de se tornar um produto acabado relativamente ao material que dá entrada no mesmo, sendo que desperdícios de processamento consistem em etapas nas quais isto não se verifica, desperdiçando tempo e recursos sem obter resultados palpáveis.

Stock

Cada quantidade de produto exige a existência inicial de uma determinada matéria-prima, sendo necessário ter em *stock* a quantidade estritamente necessária da mesma. Quando as matérias-primas em *stock* existem num nível significativamente superior ao necessário é considerado um desperdício de *stock*, sendo que a existência destes materiais representa um custo para a empresa em questão.

Produção de produtos defeituosos

Finalmente, o último tipo de desperdício descrito por Ohno é o desperdício através da produção de produtos defeituosos, sendo que para além do consumo de recursos, tempo e energia que estes produtos causam, é necessário eliminá-los e substituí-los com outro produto (Ohno, 1988).

Na Tabela 2.2 encontram-se sintetizados os sete desperdícios acima descritos associados ao processo produtivo de uma empresa.

Tabela 2.2-Os 7 desperdícios do Lean.

Tipo de desperdício	Definição base
Sobreprodução	-Produção acima dos níveis necessários
Espera	-Desperdícios de tempo, paragens desnecessárias do processo produtivo
Transporte	-Movimento de materiais que nada acrescenta ao processo
Processamento	-Realização de processos que nada acrescentam à valorização do produto
<i>Stock</i>	-Acumulação de matérias-primas/produtos acima do absolutamente necessário
Movimentos	-Movimentos de trabalhadores desnecessários
Produtos defeituosos	-Consumo de recursos, tempo e energia para a obtenção de produtos que vão necessitar de ser substituídos e eliminados

Tendo em conta estes desperdícios, os autores Womack e Jones complementaram a metodologia desenvolvida por Ohno no livro “Lean Thinking” criando os cinco princípios do pensamento *Lean*. Estes princípios encontram-se em contraste com os desperdícios anteriormente apresentados pois derivam do conceito de valor, sendo estes os cinco passos necessários para qualquer empresa implementar a metodologia *Lean*:

- Valor: Antes de mais, é necessário definir o que é valor, e como este é definido na empresa. Idealmente, o valor é definido pelo mercado, e pelo que este exige da empresa, sendo que o valor será tudo o que a empresa produz e é desejado pelos clientes.
- Cadeia de Valor: Após definir o que é desejado produzir por parte da empresa (sejam produtos ou serviços) é necessário definir que tarefas contribuem para acrescentar valor ao processo produtivo, eliminando as tarefas que não o fazem. Dentro de todas as ações realizadas dentro de uma empresa, existem três categorias:

➤ Ações que adicionam valor ao produto;

- Ações que não adicionam valor ao produto, mas são inevitáveis (chamadas “Muda tipo 1”);
 - Ações que não adicionam valor ao produto e são completamente evitáveis (chamadas “Muda tipo 2”).
- Fluxo Contínuo: Removidas as tarefas que geram desperdício sobram apenas as tarefas estritamente necessárias, sendo resultante agora um novo desafio, fazer com que seja possível estas ocorrerem sequencialmente de forma ininterrupta, como o movimento da água no fluxo de um rio. Consiste num esforço organizacional de procurar criar proximidade entre os vários passos que acrescentam valor ao produto/serviço, através da organização de ferramentas, espaço, *stocks* e trabalhadores.
 - Produção Pull: Este quarto princípio é, no fundo, uma expansão do terceiro, sendo que o terceiro consiste num processo produtivo fluído, desde a matéria-prima até ao produto final e este princípio procura alargar horizontes incluindo os clientes que usufruem dos produtos/serviços e os fornecedores da empresa. Assim, seria produzido só e apenas o que os clientes necessitam, nas quantidades estritamente necessárias, e, por consequente, seriam compradas apenas as matérias-primas necessárias para este objetivo. Ou seja, esta etapa consiste em deixar o cliente “puxar” a produção (daí a designação original, *Pull*), pois se a produção estiver diretamente relacionada com a procura a empresa irá apenas dedicar o seu tempo, esforço e recursos para tarefas que irão resultar diretamente no que é procurado pelo mercado. Este tipo de produção implica que as diferentes etapas da cadeia de valor também se “puxem” umas às outras, sendo que serão produzidas apenas as quantidades necessárias de produtos intermédios para satisfazer as necessidades das próximas etapas;
 - Perfeição: Este conceito encontra-se interligado à melhoria contínua, como elaborado anteriormente, pois após a aplicação dos 4 primeiros princípios do *Lean*, por norma, irão surgir mais oportunidades de melhoria, pois quanto mais é exigido de um processo mais expostas ficam as suas falhas, os ditos “mudas”, ou seja, as novas oportunidades de melhoria. Apesar de por vezes ser necessário recorrer a novas tecnologias e métodos para a resolução de problemas, este tipo de problemas usualmente é de resolução simples, portanto enquanto estes

princípios forem tidos em mente, passos de maior proximidade à perfeição serão sempre alcançáveis (James P. Womack D. T., 2003).

Estes cinco princípios são de aplicação transversal a qualquer tipo de empresa produtora, como é o caso da Eurochemicals. A sua aplicação procura flexibilizar o método produtivo vigente, definir valor para o caso desta empresa, as tarefas necessárias para o produzir, fazendo as mesmas fluir, compreendendo o mercado e permitindo que este “puxe” o valor da empresa, fazendo com que todo e qualquer processo realizado dentro da empresa signifique automaticamente retorno pelo valor produzido.

Apesar de não terem sido implementados na sua totalidade, os diferentes capítulos deste trabalho abordam, com diferentes níveis de detalhe, alguns destes princípios.

A abordagem tomada nunca será, no entanto, como qualquer realidade científica, histórica ou artística, uma verdade absoluta inquestionável. É necessário, portanto, para que a metodologia *Lean* vingue em qualquer tipo de meio, manter um olhar crítico e procurar, sempre, a melhoria contínua.

2.2 Ferramentas e métodos

O *Lean* é, por definição, uma metodologia passível de ser aplicada de uma forma quase transversal, sendo esta abordagem do processo como um todo.

Esta metodologia possui, associada a si, diferentes métodos e ferramentas.

Os métodos consistem na abordagem dos problemas contidos em determinadas etapas do processo. A maioria dos métodos é bastante semelhante, sendo por norma diferenciada pelos objetivos pretendidos. No Capítulo 6 deste trabalho é descrito o método A3.

As ferramentas, são recursos utilizados para obter determinados resultados. Estas são bastante diversas, visto que dados podem ser tratados de várias formas de acordo com a sua forma e origem.

2.2.1 Ferramentas

As empresas podem fazer uso de vários tipos de ferramentas na implementação destas metodologias, dependendo da sua aplicabilidade na realidade da empresa. De pouco ou nada serve existir uma noção dos conceitos associados ao *Lean* se não existir uma perceção clara de que método e que ferramenta mais se adequa ao desafio vigente.

Deve, portanto, haver um conhecimento geral das ferramentas disponíveis juntamente com um olhar crítico de quando e como devem ser utilizadas.

Este tipo de pensamento deve ser transversal à própria existência, sendo que Abraham Maslow, um famoso psicólogo criou o conceito do “Martelo de Maslow”, que consiste na dependência mental de um individuo numa determinada ferramenta para lidar com qualquer tipo de problema. Tornando-se icónica a seguinte citação:

“Para quem só sabe usar martelo, todo o problema é um prego”

Não pode ser permitido que a empresa apenas saiba “utilizar o martelo”, assim como ver todos os problemas como “pregos”!

Assim sendo, as ferramentas mais comumente utilizadas neste tipo de metodologias são as seguintes:

- *Gemba Walk*: A palavra “gemba” vem do japonês, traduzida por norma como “onde as coisas acontecem” ou por vezes também como “chão de fábrica”. Este termo alude a conhecer a realidade da empresa através de visitas aos locais onde as coisas realmente acontecem. Experimentar a realidade de um modo direto facilita a sua compreensão e, por consequente, a procura de soluções. Uma empresa não é constituída por números, uma empresa é constituída por estrutura, por ferramentas e principalmente por pessoas. Para compreender o valor e cadeia de valor, torna-se necessário interagir diretamente com as diferentes componentes do todo. Falar com quem realiza as diferentes tarefas adiciona diferentes perspetivas e abordagens à resolução de problemas, assim como cria trabalho de equipa e laços entre diferentes grupos dentro de uma empresa (FERREIRA, 2018);
- *Kanban*: Esta palavra deriva da língua japonesa, sendo a sua tradução “sinal”. Os *kanbans* são sinais físicos que servem para facilitar o planeamento da produção. Para interligar os diferentes elementos de produção, na procura de satisfazer necessidades de diferentes processos utiliza-se um sinal físico (um cartão, por exemplo) que é indicativo do consumo de determinadas quantidades de matéria-prima, para indicar que é necessário movimentar/comprar matéria-prima, por exemplo. Esta ferramenta é associada ao princípio do *Just in time*, garantido que as matérias-primas existem onde são necessárias, nas quantidades necessárias, na altura necessária (FERREIRA, 2018);

- 5W: Por extenso, esta ferramenta é expressa como “5 *Why*’s”. Em português, este método é conhecido como “5 Porquês” e é utilizado para determinar as causas raiz de um problema. Face um problema, deve ser posta a questão “Porquê?”, não uma, mas cinco vezes. O primeiro instinto de qualquer um seria, ao invés de questionar, seria corrigir o problema, no entanto, por vezes o que é observado não é o problema, mas sim um sintoma do verdadeiro problema. Aliviar os sintomas de uma doença não é o mesmo que a curar. Para curar uma doença é necessário, primeiramente, perceber que tipo de doença se trata, para poder aplicar a cura indicada. O número de questões ser cinco é algo que arbitrário. Por norma, se o número de “porquês” for apenas dois ou três, considera-se que a análise não é profunda o suficiente, no entanto, quando o número de porquês é muito elevado considera-se uma análise demasiado profunda (Pinto, 2014).

3. Valor e cadeia de valor

A aplicação da metodologia *Lean* passa necessariamente pela definição da cadeia de valor, ou seja, por definir quais os passos necessários para obter o valor gerado pela empresa, os produtos que o mercado deseja.

No caso da empresa Eurochemicals o seu valor prende-se na produção de resinas derivadas da colofónia a partir da colofónia e diferentes matérias-primas, dependendo dos produtos desejados. Sendo que a questão que se põe é “Quais os passos necessários para as matérias-primas se tornarem produtos acabados?”.

A resposta a esta questão irá necessariamente apresentar algum tipo de contraste para com a realidade. Deve-se, portanto, contrapor a resposta à questão anterior, consistindo esta nos passos que deveriam ser seguidos na cadeia de valor ideal aos passos efetivamente realizados pela empresa, procurando métodos e ferramentas que minimizem os desperdícios e aproximem o processo real da cadeia de valor ideal.

3.1 Receção

A primeira etapa consiste na receção das matérias-primas que dão entrada no portão frontal da Eurochemicals. Estas são transportadas por um camião, podendo encontrar-se no estado sólido, em paletes, ou no estado líquido.

Para conhecer rigorosamente a massa que efetivamente dá entrada na empresa pesa-se o camião carregado, sendo que a diferença entre o peso do camião carregado e vazio será o verdadeiro peso da carga (descontando as taras de embalagens). Estas pesagens garantem que a empresa paga apenas as matérias-primas que efetivamente são recebidas, evitando assim erros.

3.2 Armazenamento Primário

O armazenamento primário consiste no acondicionamento das matérias-primas e material de embalagem que dá entrada na empresa, sendo necessário garantir a receção e armazenamento das mesmas em quantidades suficientes para garantir o normal funcionamento da empresa, mantendo simultaneamente o espaço necessário para o armazenamento de produtos.

Esta etapa é de uma importância extremamente elevada, pois o espaço é um recurso impossível de aumentar sem um investimento considerável. Existem três armazéns na empresa, o de matérias-primas (A1), o de material de embalagem (A2) e

o de produtos acabados (B) e é sempre possível organizar o espaço disponível nestes armazéns de modo a maximizar as quantidades passíveis de serem armazenadas na empresa.

Na Eurochemicals o armazenamento dá-se de duas formas, dependendo do estado da matéria-prima:

- Matérias-primas sólidas são armazenadas nos armazéns destinados para o efeito, com recurso a um empilhador;
- Matérias-primas líquidas são armazenadas em tanques destinados para o efeito ou em bidões e IBCs em bacias de retenção adequadas para o efeito.

Na Figura 3 encontram-se as representações dos meios de armazenamento disponíveis na empresa.



Figura 3 - a) IBCs e b) tanques.

Existem associados a estes armazenamentos consumos de tempo, energia e mão de obra, o que levanta a questão, todos estes consumos são estritamente necessários?

No caso das matérias-primas sólidas, existe uma distância significativa entre o armazém e os reatores (o ponto de utilização). Ou seja, é necessário transportar as matérias dos camiões para o armazém e, quando estas são necessárias, do armazém para os reatores, sendo que este trajeto tem 100 metros. Esta distância pode ser diminuída com a instalação de um monta-cargas no armazém, no caso específico da Eurochemicals.

No caso das matérias-primas no estado líquido prende-se outra questão, “Um tanque cheio ocupa o mesmo espaço que um tanque a meio”, ou seja, as preocupações relativamente à gestão de espaço ocupado pela matéria-prima em estado líquido são nulas.

3.3 Produção

A Eurochemicals dispõe de 2 linhas de produção. As matérias-primas dão entrada nos reatores nos quais se fabrica o produto pretendido. Para estas reações se darem com sucesso existem dois fatores cruciais, o tempo e a temperatura, estando ambos ligados intrinsecamente à cinética da reação.

No caso das temperaturas, mesmo com alguma variação, as reações funcionam a temperaturas elevadas (cerca de 270 °C), sendo os reatores aquecidos por termo-fluido. O tempo de reação médio é de 36 horas.

Na Figura 4 encontram-se representadas as unidades de reação.



Figura 4 - Unidades de reatores da Eurochemicals.

3.4 Embalamento

Quando o produto se encontra finalizado, segue para uma tela de descarga refrigerada, sendo em seguida embalado. O produto é ensacado, rotulado, colocado em paletes, e posteriormente colocado no armazém de produto acabado, como representado na Figura 5.



Figura 5 - a) Tela de descarga refrigerada, b) Produto ensacado e colocado em paletes e c) Filmagem de paletes.

3.5 Armazenamento Secundário

As paletes de produto acabado são colocadas no armazém B, como representado na Figura 6.



Figura 6 - Armazém B.

A Eurochemicals necessitou de reorganizar o armazém de produto acabado, reduzindo a sua área total útil em cerca de 30 %, promovendo uma melhor organização e gestão de espaço.

3.6 Expedição

A expedição é a etapa final da cadeia de valor. O produto acabado é geralmente expedido por camião, sendo carregado por empilhador num cais, num local adjacente ao armazém B. Os cais de carga poderão ser cais fixos ou recorrer a uma rampa ajustável, como representado pela Figura 7.



Figura 7 - Expedição do produto acabado num cais ajustável.

3.7 Cadeia de Valor da Eurochemicals

O conjunto das diferentes etapas acima referidas constituem a cadeia de valor da Eurochemicals, cadeia representada na Figura 8.

Esta cadeia de valor possui 6 etapas principais: Receção, Armazenamento Primário, Produção, Embalamento, Armazenamento Secundário e Expedição. Estas etapas dão-se de forma praticamente sequencial.

Dois dos seis passos representados consistem em armazenamento. Quanto mais o sistema de compras de uma organização se aproximar de um sistema *Push*, maior será o desperdício associado a estas etapas sobre a forma de movimentações desnecessárias, tanto de trabalhadores como de matérias-primas.

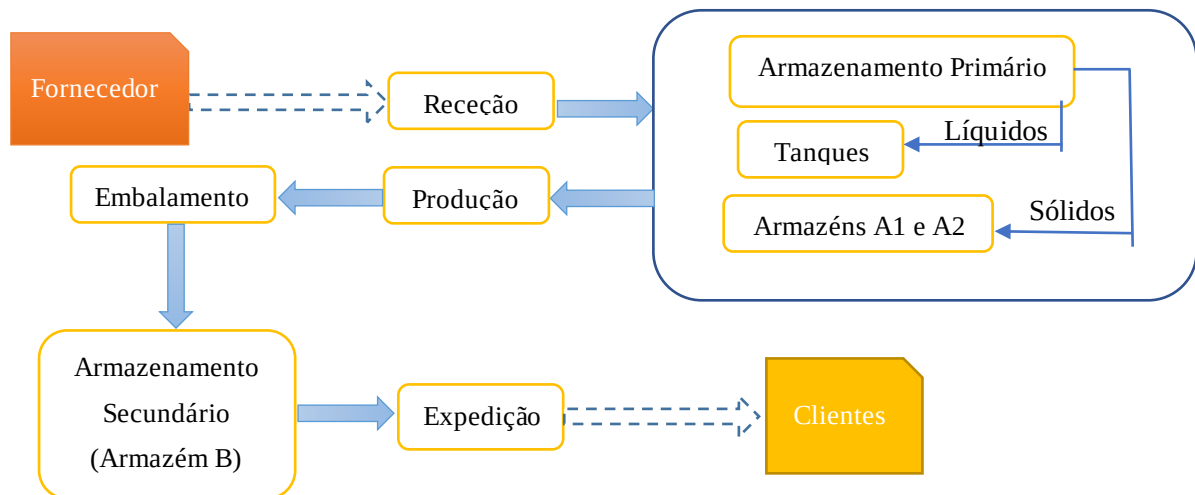


Figura 8 -Esquema representativo da cadeia de valor da Eurochemicals.

Realizou-se uma análise de *stock* no Capítulo 4 de forma a aproximar o sistema da Eurochemicals a um sistema *Pull*, reduzindo desperdícios, e comprando apenas o necessário.

Esta análise permitiu compreender as necessidades da empresa a nível de matérias-primas. Dado a empresa encontrar-se numa etapa de reorganização dos seus armazéns, efetuou-se o seu planeamento. O objetivo do Capítulo 5 prende-se na procura da disposição do armazém que otimiza a sua capacidade e funcionalidade.

De forma a realizar a diminuição de outros desperdícios presentes na empresa, foram realizadas ações de formação. No Capítulo 6, elaborou-se acerca dos conteúdos programáticos destas formações, assim como sobre a dificuldade da implementação da mudança em ambiente industrial.

4. Análise de Stocks

A forma como os *stocks* são geridos numa empresa está ligada diretamente com o tipo de produção existente na mesma, pois a produção dita as compras realizadas pela empresa. Apesar de, na generalidade, os tipos de produção poderem ser classificados como *Push* ou *Pull*, na realidade estas classificações não são tão claras quanto isso. Existem sim, empresas que têm uma tendência a “empurrar” o produto para o mercado, no entanto, estas empresas têm sempre, em certa medida, a procura em conta. Tal como existem empresas que procuram deixar o cliente “puxar” a produção na procura do *stock zero*, mas nunca alcançando esse estado de idealidade.

O objetivo deste capítulo passa pela análise do tipo de gestão de *stocks* realizada na Eurochemicals e procurar aproximar a mesma, o máximo possível, de um sistema *Pull*. Para isso é necessário compreender as diferentes variáveis associadas à compra, transporte, manutenção e consumo de matérias-primas no meio empresarial.

4.1 Custos associados ao stock

Associado a uma empresa de produção encontra-se, inerentemente, o consumo de algum tipo de matéria-prima, ou seja, para manter o seu normal funcionamento é necessário garantir que estas matérias existem nas quantidades necessárias.

Idealmente, tendo em conta o princípio *just in time*, todas as encomendas deveriam chegar quando o consumo das matérias-primas fosse necessário e na quantidade estritamente necessária, tornando a ocorrência de processos de armazenamento praticamente desnecessário, o chamado “*stock zero*”.

O *stock zero* é impraticável, por vários motivos, a maioria deles associada à volatilidade do mercado. No entanto, é possível, tendo em conta as diferentes variáveis inerentes à gestão de *stocks* em ambiente empresarial, procurar minimizar a existência de matérias-primas numa empresa e, por consequente, a minimização dos custos associados.

Os custos associados à presença de stock por norma são catalogados em custo de encomenda (CE), custo de rotura (CR), custo de aquisição (CA), e custo de posse (CP), sendo o somatório destes custos o custo total (CT), o que se pretende minimizar. Para efeitos de cálculo, o custo total será considerado a soma entre o custo de encomenda e o custo de posse, sendo que os restantes, neste caso foram considerados desprezáveis.

O custo de encomenda pode ser descrito pela Equação 1, na qual A representa o custo da emissão de uma encomenda (€), D representa a procura (unidades/unidade de tempo) e Q representa a quantidade de encomenda (unidades):

*CE = Custo de emissão de encomenda * número de encomendas por período*

$$\Leftrightarrow CE = A \cdot \frac{D}{Q} \quad (\text{Equação 1})$$

Este custo é inversamente proporcional à quantidade de encomenda dado o facto de o custo de emissão de encomenda ser um custo fixo. Assim sendo, o custo de encomenda é otimizado quando a quantidade a encomendar é equilibrada com a procura, sendo que quando a quantidade de encomenda aumenta, este custo diminui (Nigel Slack, 2007).

O custo de posse pode ser definido pela Equação 2, na qual C2 representa o custo de posse (€/ (unidade de tempo. unidade)).

CP = Custo de posse unitário . Stock médio

$$\Leftrightarrow CP = C2 \cdot \frac{Q}{2} \quad (\text{Equação 2})$$

O custo de posse unitário pode ser definido por vários fatores, caso se alugue um espaço para efeitos de armazenagem este custo é contabilizado, mas pode ser o caso de outros custos poderem ou não ser considerados desprezáveis, tais como manutenção, limpeza e iluminação dos espaços de armazenamento.

No caso de a empresa ter o seu próprio espaço e não necessitar de pagar uma renda (como é o caso da Eurochemicals) o custo de posse unitário pode derivar do custo de capital. Ou seja, o lucro monetário que o custo correspondente a cada unidade iria gerar com a taxa de juros correspondente à altura do tempo em que esta compra se deu. No caso do custo de posse, este é diretamente proporcional à quantidade encomendada, pois quanto maior a quantidade de encomenda maiores os custos associados.

Dado os custos totais serem derivados da soma destes dois custos, a minimização dos mesmos irá resultar numa quantidade económica de encomenda (QEE), visto que os custos de posse e de encomenda têm relações opostas com a quantidade encomendada, como é demonstrado pela Figura 9.

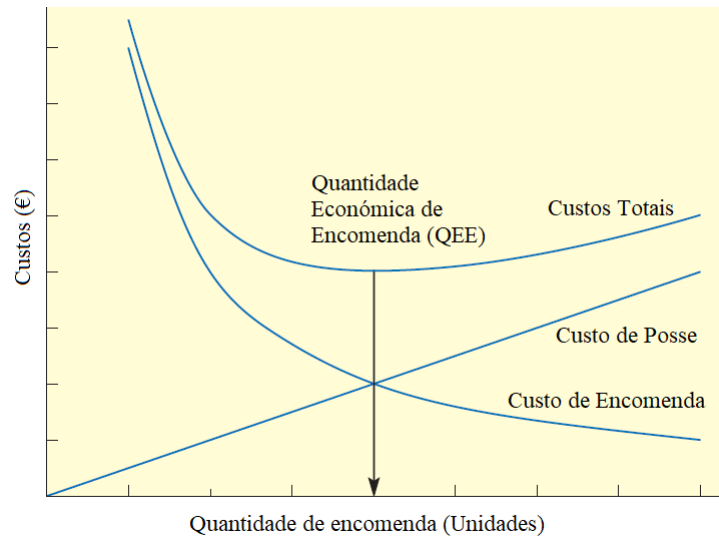


Figura 9 - Representação gráfica da evolução dos custos associados ao stock em função da quantidade (Adaptado de (Nigel Slack, 2007)).

Ou seja, ao derivar a função dos custos totais em função da quantidade de encomenda, é possível obter o minimizador da função, quando esta é igualada a zero. A quantidade económica de encomenda é obtida a partir da dedução da Equação 3 (Nigel Slack, 2007).

$$CT = C2 \cdot \frac{Q}{2} + A \cdot \frac{D}{Q} \Leftrightarrow \frac{dCT}{dQ} = \frac{C2}{2} + A \cdot \frac{D}{Q^2} \Leftrightarrow \frac{dCT}{dQ} = 0 = \frac{C2}{2} + A \cdot \frac{D}{Q^2}$$

$$\Leftrightarrow QEE = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot D}{C2}} \quad (\text{Equação 3})$$

Para a aplicação da quantidade económica de encomenda, deve obedecer-se aos seguintes pressupostos:

- A procura é previsível e conhecida;
- Os custos não variam com o tempo;
- Restrições de encomenda e armazenagem são inexistentes;
- O fornecedor tem sempre stock;
- Não existem roturas de stock.

Nenhuma destas considerações corresponde à realidade, trata-se apenas de aproximações feitas de forma a possibilitar os cálculos, dado o grande número de variáveis associados à aquisição, transporte e consumo de matérias-primas (Nigel Slack, 2007).

Pequenos desvios da quantidade económica de encomenda não afetam significativamente os custos, existindo assim margem para outras quantidades de encomenda que se demonstrem mais vantajosas do ponto de vista prático.

4.2 Modelos de Gestão de *stocks*

Para gerir *stocks*, os modelos utilizados podem ser divididos em dois principais tipos: os modelos estocásticos e os modelos determinísticos. A separação entre estas classes é apenas ditada pela procura das matérias-primas em análise.

Quando a procura de determinada matéria-prima é constante, ou rigorosamente conhecida, são aplicados modelos determinísticos. No entanto, quando a procura varia significativamente ou é bastante imprevisível são aplicados modelos estocásticos.

No caso da Eurochemicals, a procura é muito variável, portanto deve recorrer-se a modelos estocásticos, dos quais existem dois tipos principais:

- Revisão Contínua
- Revisão Periódica

O modelo de revisão contínua considera uma quantidade de encomenda fixa, podendo os intervalos entre as encomendas ser variáveis. Em contraste, no modelo de revisão periódica a quantidade de encomenda variável, com intervalos entre encomendas fixos (Nigel Slack, 2007).

4.2.1 Modelo de Revisão Contínua

No modelo de revisão contínua, existe um conhecimento contínuo do nível de stock, sendo que o reaprovisionamento se dá de forma instantânea. O que determina o momento em que a encomenda é lançada é algo conhecido como o “Ponto de encomenda” (PE, em número de unidades). O PE é obtido através do Stock de Segurança (SS, em número de unidades), pela procura (D, em número de unidades) e o período de reaprovisionamento (ou *lead time*, representado por LT, em unidades de tempo), como representado na Equação 4.

$$PE = SS + LT.D \quad (\text{Equação 4})$$

Procura-se que este nível de stock satisfaça a procura durante o tempo de reaprovisionamento e a variação da procura. O Stock de Segurança procura garantir que

não existe uma rotura de stock devido a esta variação, sendo este determinado pela Equação 5.

$$SS = \sigma \cdot \sqrt{LT} \cdot z \quad (\text{Equação 5})$$

Em que σ representa o desvio padrão da procura (em número de unidades por unidades de tempo) e z corresponde a uma constante derivada do nível de serviço.

O nível de serviço é representado por uma percentagem, que corresponde à probabilidade de determinada matéria-prima estar acessível na quantidade necessária, no momento necessário, ou seja, um nível de serviço de 90% corresponde a 90 em 100 vezes o cliente estará satisfeito, e 10 em 100 vezes ocorrerá uma rotura (Nigel Slack, 2007).

Assume-se que a procura segue uma distribuição normal, sendo que o valor z representa o número de desvios padrões que a procura se desvia do valor médio, como ilustrado na Figura 10.

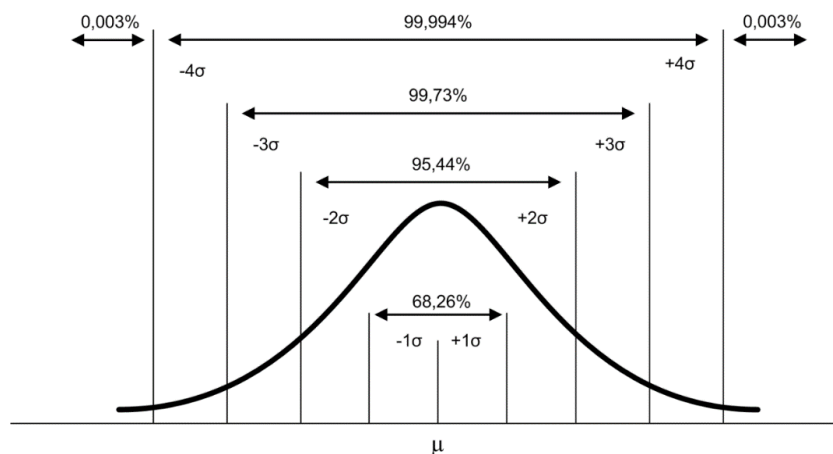


Figura 10- Representação da relação entre o nível de serviço e o número de desvios padrões da média de uma distribuição normal (Galvão, 2023).

Dependendo do quão indesejada é a rotura, é possível aplicar diferentes níveis de serviço. Ou seja, se a rotura de determinado artigo representar um prejuízo muito grande para a empresa, é preferível empregar um nível de serviço mais alto, que resultaria num stock de segurança mais alto e que diminuiria a chance de rotura, por exemplo.

Após determinar o nível de serviço desejado, e, consequentemente, o stock de segurança, estão reunidos todos os dados necessários para a aplicação do modelo de revisão contínua: Ponto de Encomenda e Quantidade Económica de Encomenda.

Aplicando procura diária ao stock, seriam realizadas as encomendas de quantidade equivalente ao QEE quando o stock atingir o PE, como ilustrado na Figura 11.

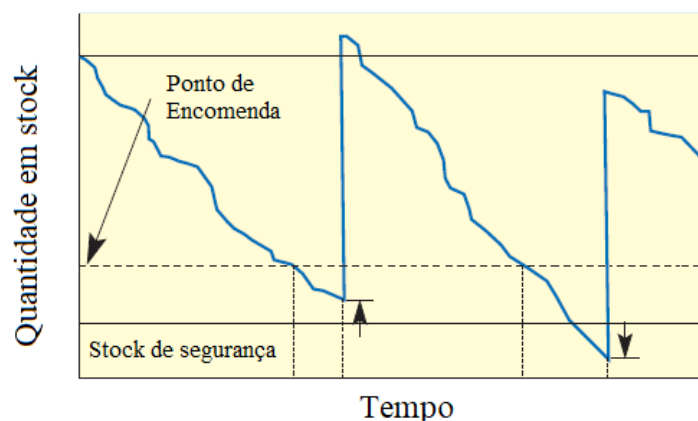


Figura 11 - Modelo de revisão contínua (Adaptado de (Nigel Slack, 2007)).

Torna-se clara a importância de um stock de segurança derivado, na realidade, dar-se variação da procura, e mesmo do tempo de aprovisionamento. Dado estas variações, no modelo de revisão contínua as encomendas dão-se com diferentes intervalos de tempo, no entanto, numa quantidade fixa.

O maior inconveniente associado à aplicação deste modelo é a necessidade de registo constante de todas as variações de *stocks* que se dão dentro da empresa em análise. No entanto, atualmente o registo de dados tornou-se muito mais fácil dado o avanço tecnológico, o que torna este inconveniente muito menor.

Existem ainda criticismos acerca da aplicação deste modelo de forma prescritiva, dado que trata com dados conhecidos à posteriori, não pode ser utilizado para conhecer o futuro de forma rigorosa. Trata-se, portanto, de uma análise descritiva do passado e procurar acompanhar continuamente as evoluções do mercado, desde custos associados a transporte, custos associados a posse, entre outros (Nigel Slack, 2007).

4.2.2 Modelo de Revisão Periódica

Este modelo é uma alternativa à revisão contínua, que opta por um período fixo para realizar as encomendas (o Período Económico de Encomenda), existindo a possibilidade de comprometer a Quantidade económica de Encomenda. Nesta abordagem o stock seria contabilizado no fim de determinado período e seria colocada uma encomenda em função de uma determinada quantidade máxima de *stock*, que

corresponderia à soma da Quantidade Económica de Encomenda com o Ponto de Encomenda. O Período Económico de Encomenda é determinado através da Equação 6.

$$PEE = \frac{QEE}{D} \quad (\text{Equação 6})$$

Apesar deste período ser derivado da procura, que é incerta, dado que a quantidade de encomenda é a diferença entre o *stock* atual e uma determinada quantidade máxima (Q_m), e esta quantidade máxima já tem em consideração a satisfação do cliente durante o período de reaprovisionamento e a variabilidade da procura, o risco de rotura não é maior comparativamente ao modelo de revisão contínua. A aplicação encontra-se representada na Figura 12.

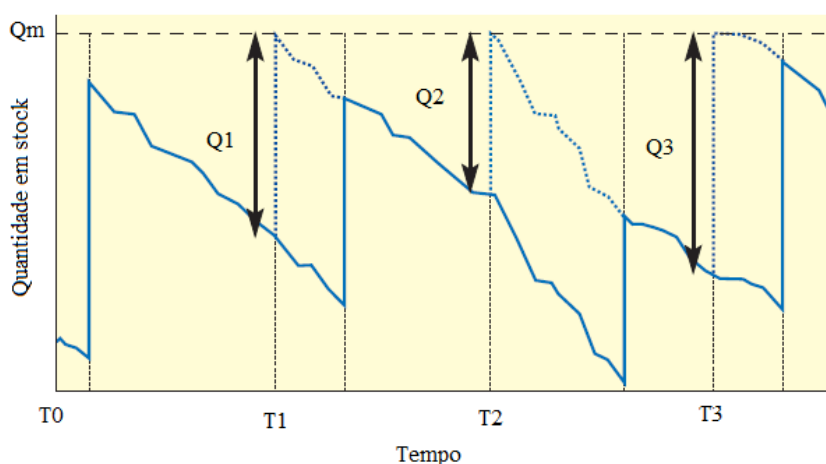


Figura 12 - Modelo de revisão periódica (Adaptado de (Nigel Slack, 2007)).

4.3 Análise ABC

Sempre que existe uma grande variedade de consumíveis presentes numa empresa, existe também uma ordem de relevância dos mesmos. O grau de utilização destes itens varia, assim como o seu contributo para o valor final do produto.

Segundo o princípio de Pareto, 20% das causas resultam em 80% dos efeitos. Ou seja, existe um desequilíbrio inerente entre causas e resultados (Koch, 2004). De um modo análogo são realizadas as análises ABC.

Pressupõe-se, portanto, que um número reduzido de matérias-primas tem um contributo maior para a empresa a nível de importância. Esta importância é arbitrária e

definida por quem realiza a análise de acordo com o objetivo da mesma. No caso da Eurochemicals realizou-se a análise em função das compras, ou seja, da quantia gasta em cada matéria-prima.

Genericamente, existem 3 classes de materiais:

- A: Consiste em 20% dos materiais, e em 80% das compras;
- B: Consiste em 30% dos materiais, e em 15% das compras;
- C: Consiste em 50% dos materiais, e em 5% das compras.

Encontra-se na Figura 13 uma representação destas classes.

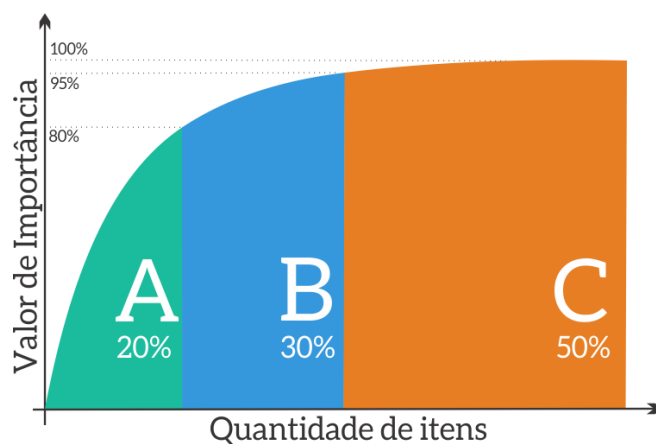


Figura 13- Curva ABC (Adaptado (Carvalho, 2004)).

Estas classes são arbitrárias, ou seja, caso se provasse vantajoso seria possível dividir os diferentes materiais consumidos numa empresa em mais ou menos classes. No entanto, por norma, esta análise torna-se suficiente para compreender quais os materiais que acrescentam mais valor à empresa, cuja gestão é de maior prioridade e os materiais cuja gestão é de menor prioridade. Desta forma, a relação entre a classe de um determinado material e o nível de serviço associado ao mesmo torna-se evidente.

É possível também compreender que, caso uma determinada matéria-prima seja adquirida num nível acima das necessidades da empresa, no caso de se tratar de uma matéria de classe A, esse excesso será rapidamente consumido, ao contrário do que aconteceria caso a matéria-prima em questão se enquadrasse na classe C. Assim sendo, caso o material em questão caísse em desuso ou entrasse em obsolescência este excesso seria um desperdício, tanto de espaço como de dinheiro.

Esta análise torna, portanto, diferenciada a gestão de *stocks* dos diferentes consumíveis da empresa, de acordo com o seu valor de importância.

4.4 Considerações para efeito de cálculo

Para realizar uma análise de *stocks* na Eurochemicals selecionou-se o modelo de revisão contínua. É relativamente simples obter os dados atuais de cada matéria-prima, assim como de cada consumo ou compra que se deu na empresa, com recurso a um software de gestão *MES (Manufacturing Execution System)*, que regista informação de operação da empresa, incluindo *stocks*.

Com o acesso a estes dados foi feita uma análise descritiva de forma a compreender que impacto teria nos custos e na logística da empresa a aplicação deste modelo de gestão de *stocks*.

Deve ser feita a ressalva que, tratando-se de dados conhecidos à posteriori não é espectável obter uma redução de custos idêntica no futuro. É espectável, no entanto, entender quais os fatores que mais têm impacto na política de compras da empresa e fazer recomendações com base nesse conhecimento.

Existem fatores que são demasiado imprevisíveis para ter em conta, tais como:

- **Variações de Preço:** Existe uma grande quantidade de fatores externos que influencia o preço dos materiais. Não é possível prever com precisão quando ou quanto o preço de determinado material vai subir ou descer;
- **Variações das taxas de juro:** Por vezes as empresas recorrem a financiamento para a sua operação, por exemplo, aquisição de matérias-primas que necessitam, dado estas compras representarem elevados valores. Assim sendo, os juros a pagar irão depender das taxas aplicáveis;
- **Risco de Substituição:** Existem materiais cujo uso pode ser substituído por vários motivos. Pode ser substituído por outro material mais eficiente/mais acessível/mais barato ou pode cair em desuso por motivos ambientais, por exemplo.

Quanto às variações de preço, foram utilizados os dados relativos às compras realizadas no mesmo ano, tendo sido utilizado um valor médio dos preços reais. No caso de artigos que, durante um ano não foram adquiridos, procurou-se utilizar a média entre os anos mais próximos, quando possível, ou simplesmente o período mais próximo.

Para efeitos de cálculo, considerou-se o seguinte critério para as taxas de juro: taxa de juros fixa somada à Euribor dos anos em estudo, isto é, são conhecidas e foram aplicadas ao ano. Considerou-se uma taxa de juro fixa de 1,50%, e depois aplicou-se a taxa de juro Euribor dos anos em estudo. A palavra “Euribor” deriva do inglês “Euro Interbank Offered Rate”, que pode ser traduzido para “taxas de juro aplicadas entre bancos da zona euro” (Triami Media, 2023).

No período entre 2019 e 2022, as taxas de juro Euribor eram negativas. Regra geral, períodos de juros baixos estimulam o recurso a financiamento, minimizando assim os custos de posse. No entanto, no ano de 2023 as taxas de juro dispararam.

Na Tabela 4.1 encontram-se os valores relativos às taxas Euribor dos últimos anos.

Tabela 4.1 - Taxas de Juro anuais da Euribor no período de 2019 a 2023 (Triami Media, 2023).

	2019	2020	2021	2022	2023
Taxas de Juro Euribor Anuais	-0,12%	-0,25%	-0,50%	-0,50%	3,32%

O risco de substituição não foi abordado no decorrer deste trabalho, apesar de existirem determinadas matérias-primas que caíram em desuso no período estudado.

No entanto, a análise da gestão de *stocks*, que visa minimizar quantidades de encomenda, tendo por objetivo aproximar o sistema da empresa de um sistema *Pull*, poderá ser útil caso alguma matéria-prima em análise entre em desuso no futuro. Caso isso aconteça, o espaço que esta ocupará no armazém será mínimo, bem como os custos associados.

4.4.1 Custo de Posse Unitário

Considerou-se que o custo de posse de cada matéria-prima corresponde ao custo de capital correspondente. Este custo corresponde aos juros que a empresa necessita de pagar para garantir a existência destas matérias-primas em *stock*. Será tanto maior quanto maior for o custo de aquisição unitário e quanto maior a taxa de juros aplicável.

O cálculo do custo de posse unitário encontra-se representado na Equação 7.

$$\text{Custo de posse unitário} = \text{Custo de aquisição} \cdot \text{Taxa de Juros (Equação 7)}$$

Consideraram-se desprezáveis outro tipos de custos associados à manutenção do *stock*, como armazenamento, limpeza e iluminação, por exemplo.

4.4.2 Custo de Emissão de Encomenda

Para a aplicação do modelo de revisão contínua é necessário conhecer o preço de emissão de encomenda. Para a sua determinação considerou-se o preço associado ao transporte.

Este modelo pressupõe um custo de emissão de encomenda fixo. No entanto, na realidade, existem diversos fatores que fazem com que esta quantia varie.

De acordo com o fornecedor e o país de origem de determinado material os preços praticados podem variar. Considerou-se no caso da Eurochemicals 3 origens distintas da matéria-prima, com 3 tabelas de preços diferentes (presentes no Anexo A 1):

- Nacional;
- Ibérico;
- Mundial.

Mesmo conhecendo a tabela de preços praticada pelos fornecedores considerados, o preço de transporte varia em função da quantidade encomendada. Por norma, quanto maior a quantidade encomendada, menor é o preço de emissão de encomenda por unidade. Assim sendo, para o cálculo das quantidades económicas de encomenda, considerou-se o histórico de preços aplicado na prática, que é conhecido.

4.5 Resultados da Análise de *Stocks*

Para a categorização das matérias-primas em classe A, B e C consideraram-se apenas aquelas cujo consumo é atual e acima de quantidades residuais. Ou seja, matérias-primas de consumo esporádico, com dados insuficientes para a análise ou que simplesmente caíram em desuso não foram tidas em conta.

As matérias-primas sólidas são referidas como “MP-X” e matérias-primas líquidas são referidas como “MPL-X” ao longo do trabalho. De momento, a Eurochemicals utiliza 15 matérias-primas sólidas e de 11 matérias-primas líquidas. Para a análise de *stocks* apenas foram consideradas 14 matérias-primas.

As categorias desta análise são arbitrárias, portanto, mediante os resultados obtidos na Figura 14, as classes foram definidas como:

- Classe A: Os 21 % de matérias-primas que representam 70 % das compras;

- Classe B: Os 29 % dos matérias-primas que representam 15 % das compras;
- Classe C: Os 50% dos matérias-primas que representam 5 % das compras.

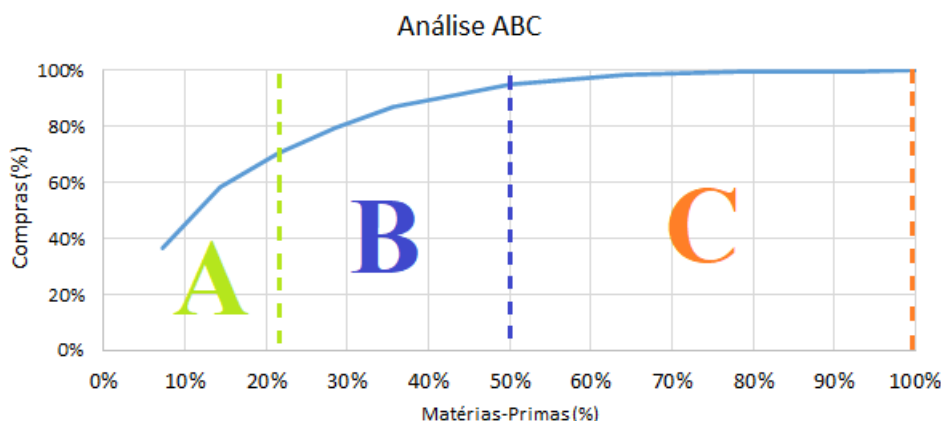


Figura 14 - Análise ABC das matérias-primas presentes na Eurochemicals.

Assim sendo, existem 3 matérias-primas de classe A, 4 matérias-primas de classe B e 7 matérias-primas de classe C. Num total de 14 matérias-primas consideradas, 3 representam 70% das compras. Apesar de serem consumidas em grandes quantidades a sua boa gestão é muito importante, pois é necessário garantir a sua existência na empresa. No outro extremo, existem 7 matérias-primas (metade das matérias-primas consideradas) que são responsáveis por apenas 5% das compras. A boa gestão da classe C é muito importante, pois comprar estas matérias-primas em excesso pode resultar numa ocupação desnecessária de espaço na melhor das hipóteses, ou numa perda monetária caso esta caia em desuso, na pior das hipóteses. No entanto, não devem ser totalmente desprezadas, pois a sua rotura poderá causar algumas limitações e constrangimentos ao processo produtivo.

Aplicou-se, com os pressupostos anteriormente mencionados, o modelo de revisão contínua para o período do início de 2019 até ao final do primeiro trimestre de 2023.

4.5.1 Matérias-Primas de Classe A

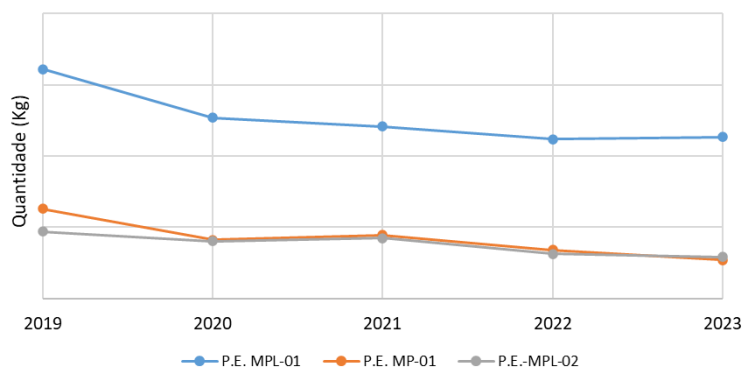
Analisando os valores de ponto de encomenda representados na Figura 15 e de quantidade económica de encomenda das matérias-primas de classe A, é possível observar que estas matérias-primas constituem para as compras da empresa dado a sua elevada procura.

No caso do Ponto de Encomenda, a parcela mais significativa é o tempo de aprovisionamento e a procura correspondente. Ou seja, dado tratarem-se de matérias-primas consumidas a um ritmo muito elevado, mas constante, o desvio padrão da procura é baixo.

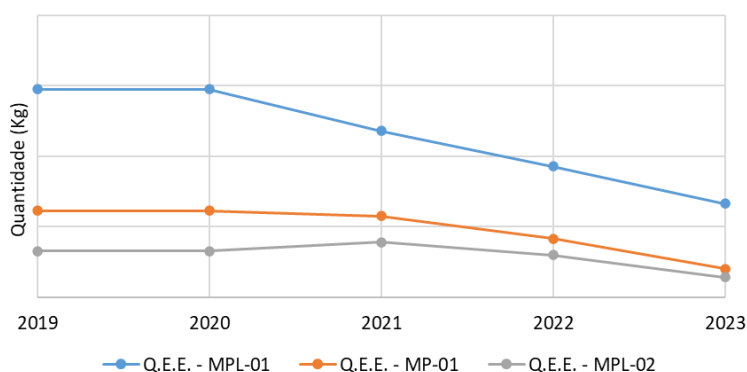
Relativamente às Quantidades Económicas de Encomenda os valores obtidos são muito altos. Isto deve-se ao facto de se tratar de matérias-primas com uma procura muito elevada e com um custo de posse unitário baixo, tornando a sua compra em massa vantajosa.

No entanto, o modelo de revisão contínua pressupõe que não existe uma quantia máxima de encomenda. Na realidade, existem limitações práticas, como a capacidade máxima de um camião (para matérias-primas sólidas) ou de uma cisterna (para matérias-primas líquidas) é aproximadamente a mesma, encontrando-se num valor perto das 24 toneladas.

Assim sendo, a Quantidade Económica de encomenda destas matérias-primas seria a capacidade máxima de um camião/cisterna. A partir desse valor, os custos de transporte iriam aumentar, algo não contemplado no cálculo da QEE.



a)



b)

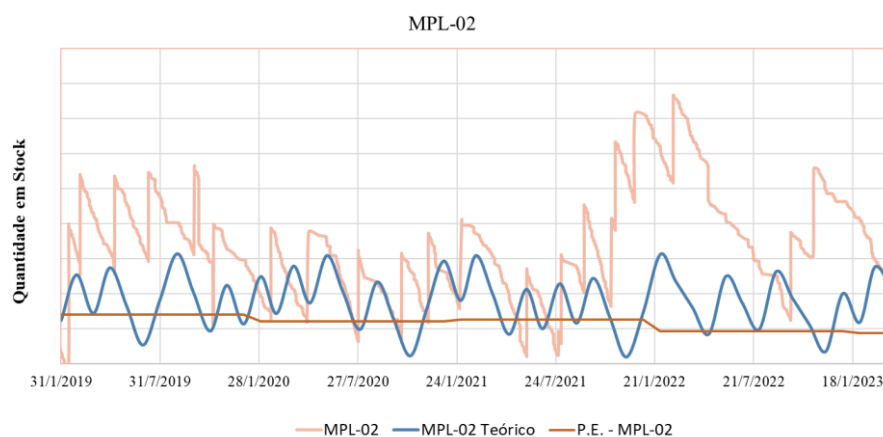
Figura 15-a) Ponto de Encomenda e b) Quantidade Económica de Encomenda para a Classe A;

Aplicando os pontos de encomenda obtidos, e utilizando como quantidade económica de encomenda cisternas/camiões cheios foi possível obter as curvas teóricas da variação do *stock* da Eurochemicals. Comparativamente às curvas de stock real da Eurochemicals, encontram-se todas abaixo. Isto significa que é possível aproximar o sistema de compras praticado a um sistema *Pull*, acumulando menos *stock* na empresa, reduzindo desperdício.

Encontra-se na Figura 16 as representações das curvas reais contrapostas às curvas teóricas.

Os valores do *stock* máximo de cada matéria-prima são significativamente inferiores nos três casos. O stock não deveria atingir a soma do PE e da QEE. Este facto deve-se ao PE garantir o serviço durante o tempo de aprovisionamento, tendo em conta a variação da procura, e da QEE ser a quantidade que mais vantajosa a encomendar a nível financeiro. Um nível de stock acima disso constituiria um desperdício, encontrando-se o *stock* acima do estritamente necessário.

Comparando os *stocks* máximos atingidos na empresa, com os atingidos no modelo teórico, na classe A a diferença é substancial. A MPL-01 na realidade atinge o dobro da capacidade máxima teórica. A MP-01 atinge o triplo da capacidade máxima teórica. A MPL-02 atinge mais do dobro da capacidade máxima teórica.



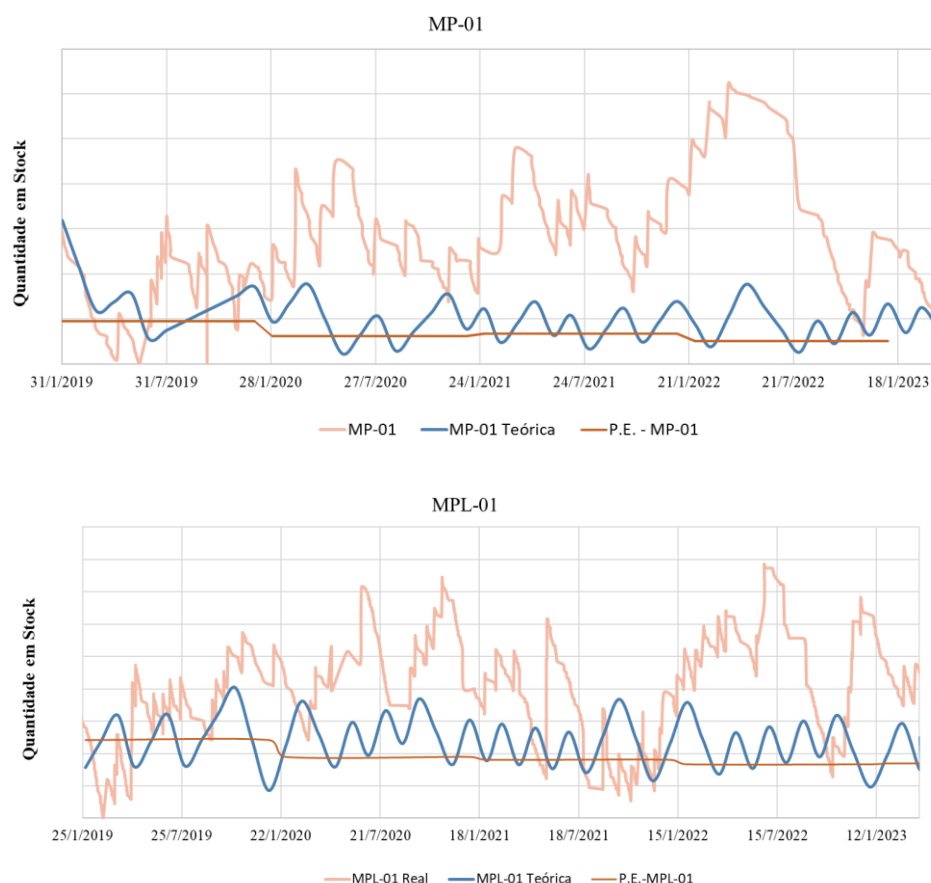


Figura 16 - Curvas reais e curvas teóricas das matérias-primas de classe A.

Foram calculadas as diferenças entre os custos reais e teóricos de forma a compreender quanto dinheiro seria poupado caso o modelo teórico coincidissem com a realidade, sintetizado na Tabela 4.2.

Nos últimos 4 anos, com as matérias-primas de classe A, seria em teoria poupar 25 000 € associado a custos de posse e de transporte. É observável que, no ano de 2023, os custos reais de posse sobem consideravelmente. Com baixas taxas de juro comprar em excesso não representa uma subida muito significativa nos custos de posse (com as considerações feitas). No entanto, quando as taxas de juro sobem, como foi o caso do ano de 2023, os custos de posse acompanham a subida, apesar de não se refletir muito nos resultados, derivado de apenas ser possível analisar o primeiro trimestre do ano de 2023.

Estas determinações foram feitas, no entanto, à posteriori, conhecendo a procura e a sua variação. Não seria possível poupar o exato valor calculado, no entanto, é possível afirmar que seria possível uma poupança na ordem de grandeza enunciada, de dezenas de milhares de euros.

Tabela 4.2 - Custos de Posse e Transporte reais e teóricos da classe A.

	Custos Reais (€)		Custos Teóricos (€)		Diferença (€)
	Custo de Encomenda	Custo de Posse	Custo de Encomenda	Custo de Posse	
MPL-01	152,5 k	2,4 k	135,0 k	1,4 k	18,5
MP-01	43,4 k	2,7 k	40,6 k	1,1 k	4,4
MPL-02	16,8 k	1,4 k	14,7 k	0,8 k	2,7

Não foram considerados nos cálculos o tempo e energia consumidos no processo de armazenagem. E apesar de não se aplicar no caso das matérias-primas líquidas, no caso da MP-01 existe também uma grande poupança de espaço.

Caso a empresa acompanhe as variações da procura dos produtos é possível reduzir o desperdício sobre a forma de movimentações, tanto de material como de trabalhadores, assim como poupar dinheiro em encomendas e matérias-primas.

Levanta-se ainda a questão dos descontos por quantidade. Ou seja, por vezes, quando são adquiridas quantidades muito altas de uma matéria-prima um fornecedor pode dar determinado desconto. Em que casos é que se torna vantajoso encomendar em excesso?

Na Figura 17, foram tidos em conta diferentes preços de encomenda, e a procura da MP-01 e a taxa de juro de 2023. Para este tipo de matérias-primas, é sempre vantajoso encomendar em maior quantidade. Altas quantidades de encomenda baixam o custo de emissão de encomenda por unidade.

É visível que os mínimos da função do custo total se encontram nas 24 e nas 48 toneladas, ou seja, quando se encomendam camiões cheios. Isto é, o custo de transporte por unidade atinge o seu mínimo nos múltiplos de 24.

O custo de posse, no entanto, aumenta linearmente com a quantidade. Ou seja, para o custo total de encomendar 48 toneladas de uma vez ser o mesmo que o custo total de encomendar 24 toneladas, o custo de posse precisa de ser o mesmo. Logo, o desconto de quantidade nesse caso teria de ser de 50%.

O desconto terá de ser sempre, no mínimo, proporcional ao aumento de quantidade. Se a quantidade é o dobro, o custo unitário teria de ser duas vezes menor. Caso a quantidade seja o triplo, o custo unitário teria de ser três vezes menor.

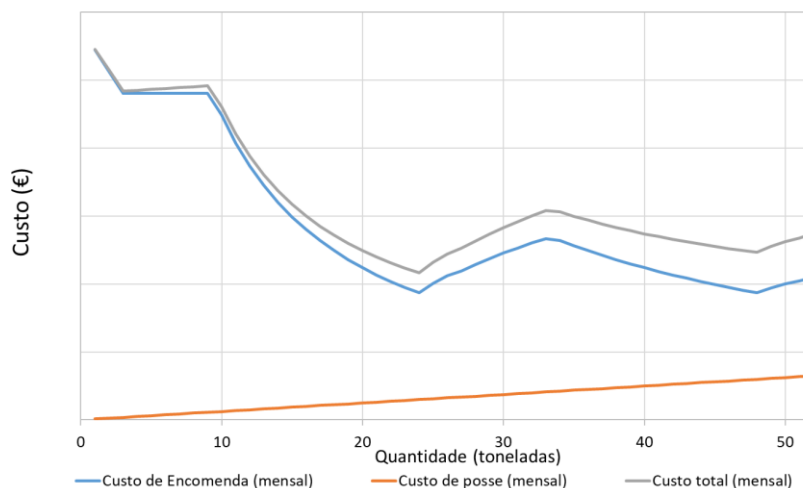


Figura 17 - Custos mensais associados ao Stock da MP-01 com dados relativos ao ano de 2023.

Estes dados relativos ao ano de 2023 demonstram também o efeito das taxas de juro, que nesse ano são muito altas. Para matérias-primas cuja procura é muito alta, e o custo de posse é muito baixo, a descida do custo de transporte tem um maior efeito na descida dos custos do que a subida dos juros, sendo o custo total mínimo atingido quando é encomendado um camião/cisterna cheio.

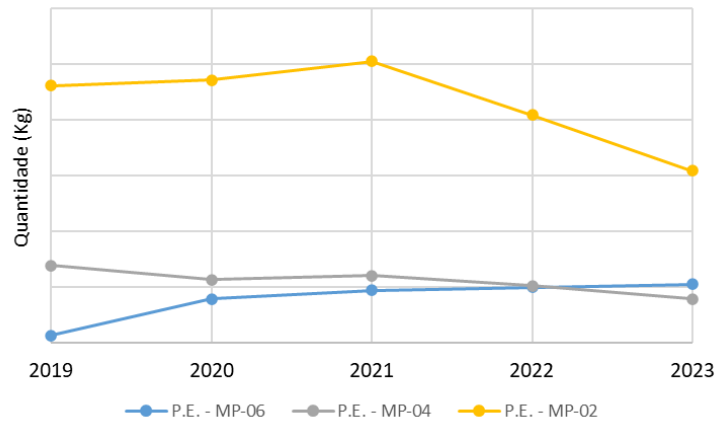
4.5.2 Matérias-primas de Classe B

As matérias-primas de classe B contribuem para 15 % das compras da empresa. Na Figura 18 encontram-se representadas as matérias-primas desta classe, com exceção da MPL-03. Isto, pois, a sua procura é muito mais alta, apesar do seu preço unitário baixo, resultando numa quantidade económica de encomenda superior à capacidade de uma cisterna.

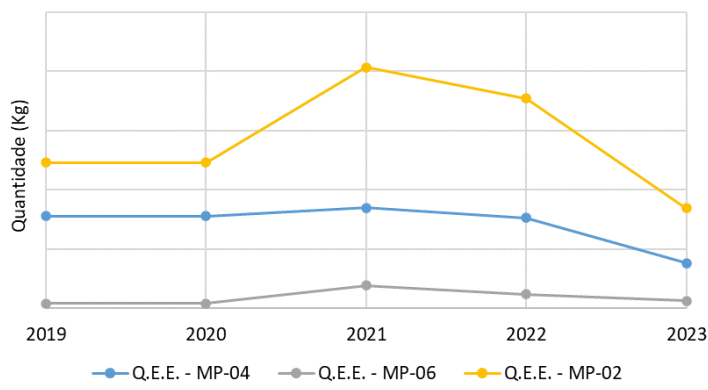
Nesta classe de matérias-primas a MPL-03 e MP-02 destacam-se pela sua elevada procura, demonstrado por um PE e uma QEE muito elevadas. No caso das MP-06 e MP-04, destaca-se o seu preço unitário elevado.

As quantidades económicas de encomenda encontram-se em valores muito mais baixos relativamente à classe A.

Destaca-se a MP-06, dado o seu custo unitário ser muito elevado. De forma a minimizar os custos de posse, e, por consequente, os seus custos totais, torna-se ótimo comprar esta matéria-prima em quantidades baixas.



a)



b)

Figura 18 -a) Pontos de Encomenda e b) Quantidades económicas de encomenda referentes à classe B.

Os Pontos de Encomenda foram calculados a partir das procuras, dos desvios das procuras e dos tempos de aprovisionamento, dados rigorosamente conhecidos. O cálculo da Quantidade Económica de Encomenda, no entanto, assenta em pressupostos que são aproximações da realidade, como por exemplo, o custo de emissão de encomenda, que é variável com a quantidade. Ao considerar um custo médio, é ignorada essa variação, e o próprio custo médio é feito em função do histórico de encomenda. Ou seja, é um custo médio relativo às quantidades previamente encomendadas.

Os efeitos desta aproximação refletiram-se nas MPL-03 e MP-02, sendo a análise das curvas reais e teóricas destes gráficos análoga, tal como a análise das curvas da MP-06 e MP-02.

Na Figura 19 encontram-se representadas as curvas reais e teóricas relativas à MP-06 e à MP-02.

No caso da MP-06 a curva teórica aproxima-se da curva real, sendo mesmo assim o seu stock máximo teórico inferior ao seu stock máximo real. Isto deve-se,

principalmente seu alto preço unitário e baixa procura, que baixam a sua quantidade económica de encomenda.

Quanto à MP-02, a sua procura é alta e o seu custo unitário é baixo. Considerando um custo médio de encomenda as quantidades económicas de encomenda recomendadas são mais altas do que as praticadas na empresa, principalmente quando se trata de encomendas em períodos de juros baixos, que baixam o custo unitário da matéria-prima.

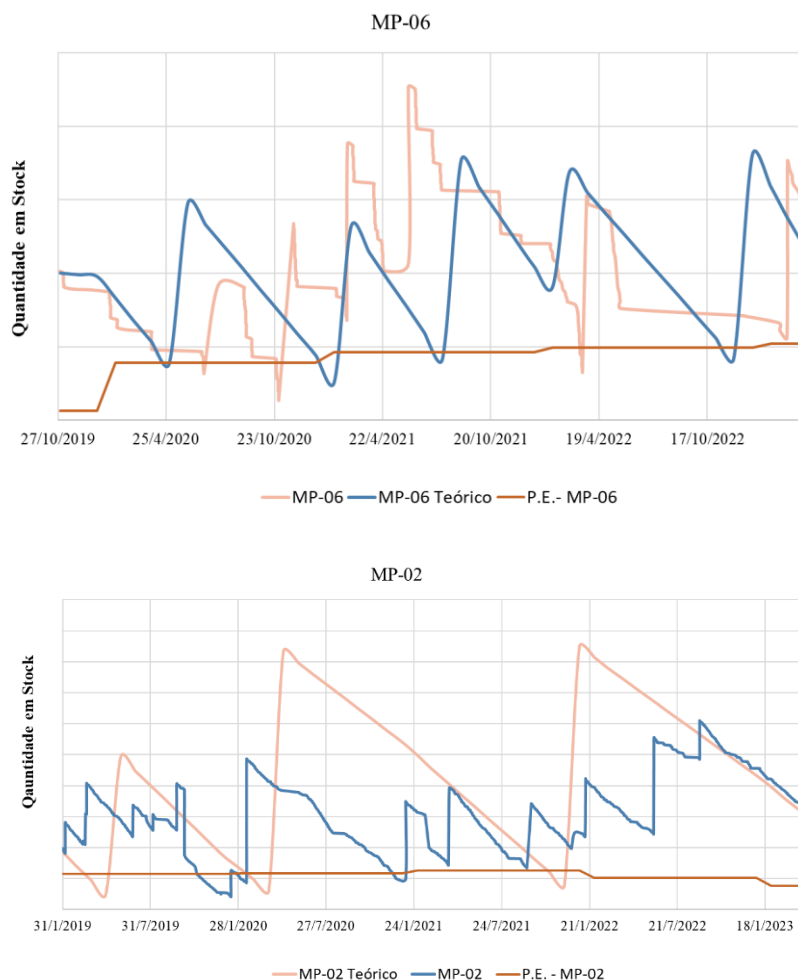


Figura 19 - Curvas reais e teóricas relativas ao stock da MP-02 e MP-06.

Comparando os custos reais com os custos teóricos, representados na Tabela 4.3, seria, em teoria, possível poupar perto de 10 000 € com as matérias-primas de classe B aplicando as quantidades económicas de encomenda.

É notável, no entanto, que no caso das MPL-03 e MP-02 a maior poupança se reflete nos custos de encomenda, ao contrário das MP-06 e MP-04, cuja maior poupança se reflete no custo de posse.

Quando custos unitários de posse são altos, as quantidades económicas de encomenda serão mais baixas, principalmente quando os juros são altos.

Caso contrário, as quantidades económicas de encomenda serão mais altas, de forma a diminuir o número de encomendas necessárias.

Tabela 4.3 - Custos reais e teóricos associados ao Stock das matérias-primas de classe B.

	Custos Reais (€)		Custos Teóricos (€)		Diferença (€)
	Custo de Encomenda	Custo de Posse	Custo de Encomenda	Custo de Posse	
MP-06	1,2 k	1,5 k	0,9 k	1,4 k	0,5 k
MPL-03	42,5 k	0,6 k	37,5 k	0,4 k	5,3 k
MP-04	4,2 k	1,4 k	3,5 k	1,0 k	1,1 k
MP-02	8,0 k	0,9 k	4,2 k	1,1 k	3,6 k

Dado o modelo de revisão contínua não ter em consideração a variação do custo de emissão de encomenda, realizou-se a análise da variação dos custos de posse e de transporte, tendo em conta essa variação.

Procurou-se, portanto, compreender se existem alternativas que permitem diminuir as quantidades de encomenda, de forma a reduzir os desperdícios na empresa e, simultaneamente, reduzir custos.

Na Figura 20 é observável que, o mínimo dos custos associados ao stock da MP-02 se encontra nas 23 toneladas. À medida que se encomendam maiores quantidades, o custo de transporte desce abruptamente. No entanto, é observável um mínimo local nas 3 toneladas.

Em média, as quantidades de encomenda desta matéria-prima encontram-se nas 3 toneladas. No entanto, atendendo a valores individuais, em 2019 e 2020 por norma era encomendada uma tonelada, sendo que depois desses anos por norma os valores encontravam-se entre as 4 e as 8 toneladas.

Assim sendo, caso a empresa tivesse aderido a este mínimo local de custos, teria baixado custos e nos últimos anos reduziria desperdícios.

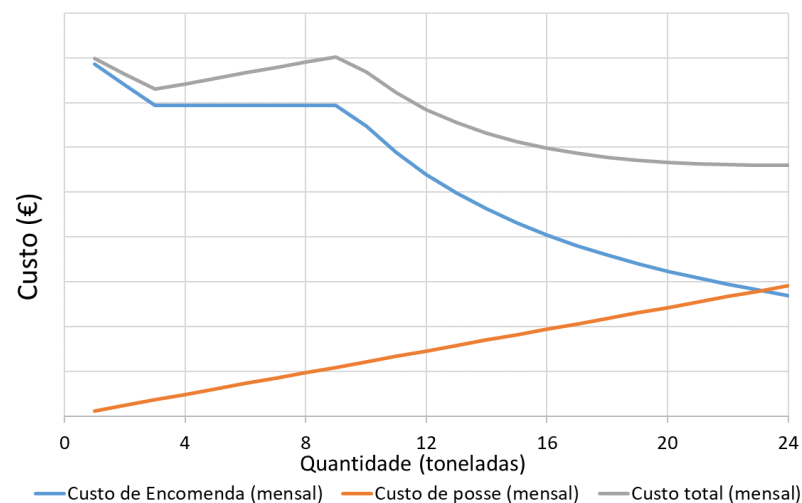


Figura 20 - Custos mensais associados ao stock da MP-02 no ano de 2019.

Considerou-se para a construção deste gráfico dados relativos a 2019. No entanto, tendo em conta os dados relativos ao ano de 2023, dado a subida dos juros, retiram-se conclusões diferentes.

A subida de juros resulta numa subida acentuada do custo de posse, o que torna o mínimo da função do custo total a encomenda de uma tonelada, representado na Figura 21.

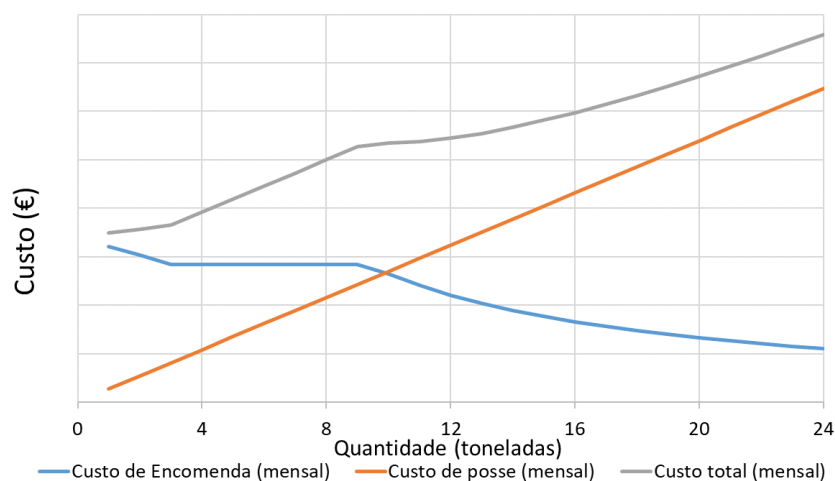


Figura 21 - Custos associados ao stock da MP-02 no ano de 2023.

4.5.3 Matérias-primas de classe C

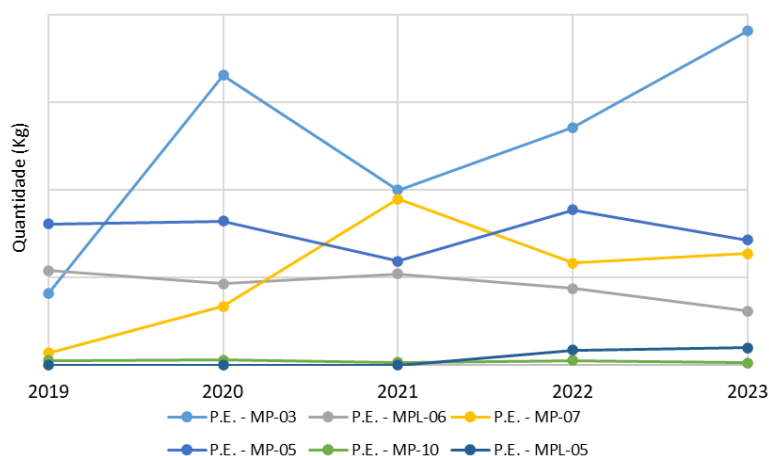
Encontram-se na Figura 22 representados os valores correspondentes aos Pontos de Encomenda e às Quantidades Económicas de Encomenda das matérias-primas consideradas de classe C.

Nesta classe de matérias-primas predominam matérias-primas com custos unitários muito baixos e/ou procura muito baixas.

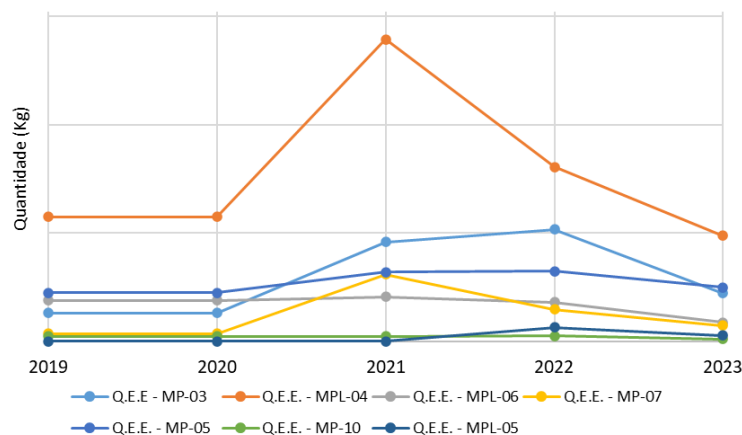
No caso dos valores dos pontos de encomenda, estes variam bastante a nível percentual nas MPL-04, MP-03 e MP-07. Esta discrepância é justificada pela maior variabilidade da procura, pois algumas destas matérias-primas são de consumo pontual.

Quanto a quantidades económicas de encomenda, na generalidade, as quantidades obtidas são muito altas comparativamente às compras atuais.

No caso da MPL-04, devido ao alto consumo e baixo preço unitário, torna-se vantajosa a compra de uma cisterna.



a)



b)

Figura 22- a) Pontos de Encomenda e b) Quantidades económicas de encomenda referentes à classe C.

Quanto às curvas reais e teóricas, representadas na Figura 23, as segundas são mais altas que as primeiras, na sua generalidade. As curvas da MPL-06 e da MP-07 são representativas das curvas desta classe, sendo a primeira representativa das matérias-primas de maior procura e a segunda representativa das matérias-primas com uma procura menor.

Para as matérias-primas cujo consumo é mais alto, as quantidades económicas de encomenda aproximam-se mais da curva reais, como demonstrado pela MPL-04. No caso específico desta matéria-prima, o seu ponto de encomenda é muito alto devido à grande variabilidade da sua procura. A quantidade económica de encomenda em si é bastante próxima das encomendas reais.

A MP-07 é representativa da maioria desta classe. O stock máximo teórico ultrapassa muito o stock máximo real.

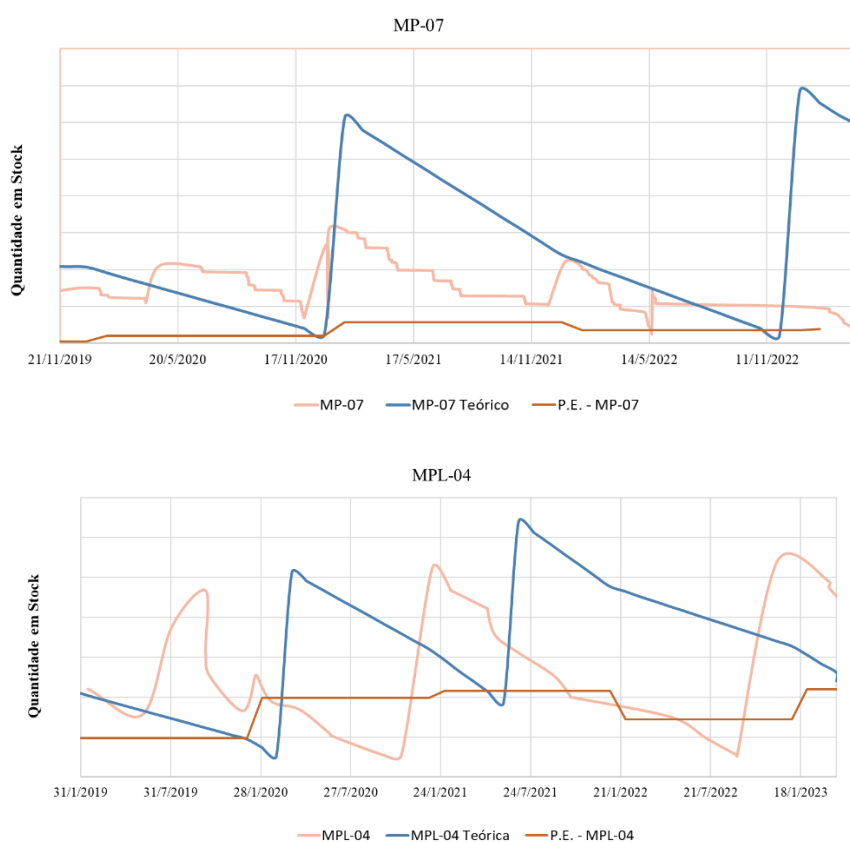


Figura 23 - Curvas teóricas e reais do stocks de MP-07 e de MPL-04.

Como observável na Tabela 4.4, mesmo com quantidades económicas de encomenda muito altas, as aplicações das mesmas nos períodos considerados consistiriam numa poupança de perto de 9 000 €. Apesar disso, em termos logísticos, o nível de

desperdício seria muito superior. O armazenamento de quantidades muito grandes de matérias-primas de baixo consumo iria resultar numa ocupação de espaço muito grande, sendo depois necessárias várias movimentações desnecessárias de matérias-primas e de trabalhadores.

No caso da MP-07, a diferença entre os custos teóricos e reais resulta num valor negativo. No entanto, a MP-07 na realidade necessitaria de ser encomendada, aumentando os custos reais de encomenda. Em teoria o seu stock permite satisfazer as necessidades de vários meses, sendo que consistiria, em geral, em poupança.

É notável que na Classe C, na sua generalidade, os custos de posse teóricos são muito superiores aos reais. Isto deve-se ao facto de, sendo matérias-primas de baixo custo, a poupança em custo de posse é relativamente baixa comparativamente com a poupança de realizar menos encomendas de maior volume.

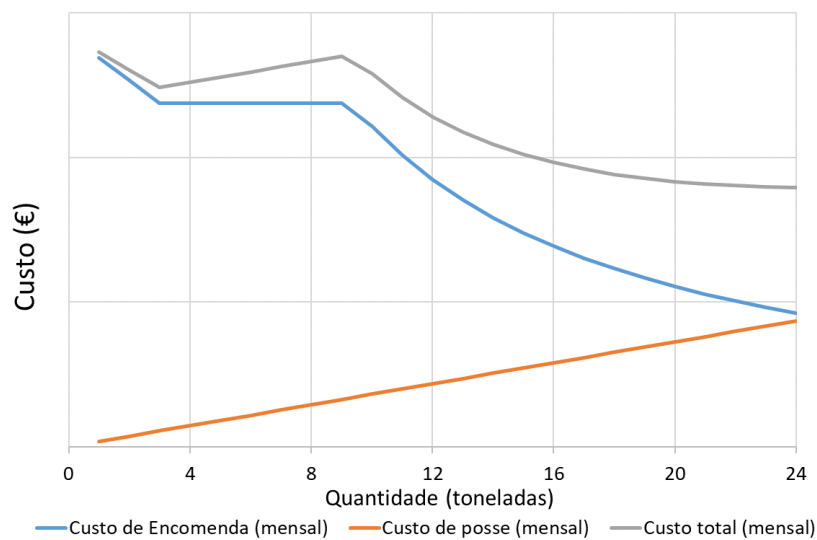
Tabela 4.4 - Custos reais e teóricos associados ao Stock das matérias-primas de classe C.

	Custos Reais (€)		Custos Teóricos (€)		Diferença (€)
	Custo de Encomenda	Custo de Posse	Custo de Encomenda	Custo de Posse	
MP-03	2,3 k	0,4 k	1,4 k	0,6 k	0,7 k
MPL-04	10,0 k	1,1 k	5,0 k	1,2 k	4,9 k
MPL-06	2,1 k	1,2 k	0,6 k	0,8 k	1,9 k
MP-07	1,3 k	0,1 k	1,8 k	0,2 k	-0,6 k
MP-05	1,4 k	0,2 k	0,0 k	0,4 k	1,2 k
MP-10	0,7 k	0,0 k	0,1 k	0,1 k	0,5 k
MPL-05	0,1 k	0,0 k	0,0 k	0,0 k	0,0 k

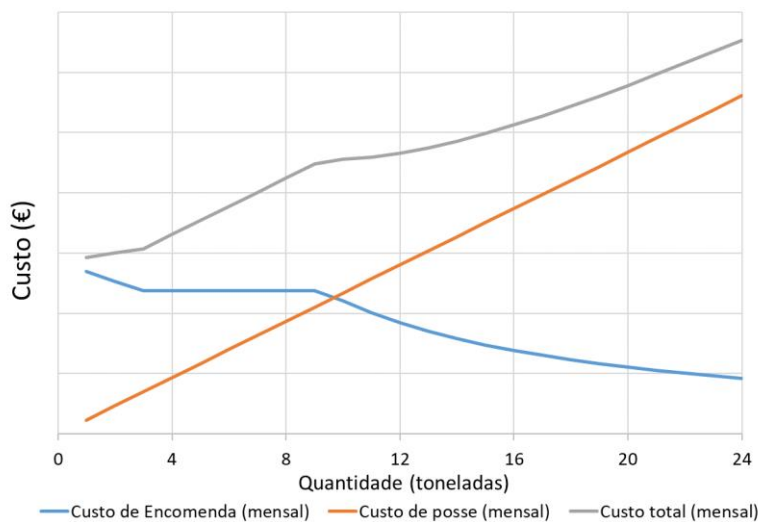
Para além disso, existem matérias-primas que não foram contabilizadas, mas que entraram em desuso no período considerado. Caso alguma matéria-prima da classe C entrasse em desuso com quantidades de encomenda tão elevadas o prejuízo seria muito mais alto comparativamente à política de compras praticada.

Na Figura 24 encontram-se representados estes custos para o ano de 2022 e 2023. Esta classe por norma possui um custo de posse muito baixo, sendo vantajoso encomendar em altas quantidades. Quando os juros sobem, no entanto, 1 tonelada por norma torna-se a quantia ideal, dado o aumento do custo de posse.

A nível logístico, não faz sentido comprar matérias-primas de consumo tão baixo em alta quantidade. Desta forma, surge o mínimo local de 3 paletes, que na sua generalidade minimiza os custos de encomenda para baixas quantidades.



a)



b)

Figura 24 - Custos mensais associados ao Stock da MP-07 com dados relativos ao ano de 2022(a) e 2023 (b).

4.6 Resultados Globais Financeiros e Logísticos

A nível global, aplicando os valores resultantes das quantidades económicas de encomenda seria possível poupar, em teoria, 45 000 €.

Este valor não traduz rigorosamente a poupança possível na utilização dos valores calculados para a realização de compras. No entanto, tornam conclusiva a possibilidade de poupar dinheiro, com valores de stock inferiores, reduzindo o desperdício.

De acordo com a Figura 25, poupança torna-se mais evidente nas matérias-primas de classe A, depois na classe B e finalmente de classe C, em que as classes com menos elementos constituíram a maior poupança.

As matérias-primas que constituem o maior valor em compras constituem também a maior poupança, como esperado.

Redução de Custos Teórica (€)

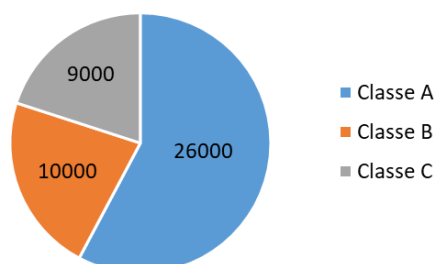


Figura 25 - Redução de custos para as diferentes classes de matéria-prima, de 2019 ao primeiro trimestre de 2023.

Ao nível da gestão de armazéns e redução de custos, foi possível recomendar *stocks* máximos de matérias-primas para dois cenários, um em que os juros são altos e outro em que os juros são baixos, com base nas quantidades económicas de encomenda, nos pontos de encomenda e nas análises da variação dos custos de transporte.

Na Tabela 4.5 encontram-se os valores recomendados de stock máximo para as matérias-primas sólidas analisadas. É de salientar que, no caso das matérias-primas líquidas a poupança de espaço não é aplicável.

Como esperado, quanto maiores os valores dos juros, menor o *stock* máximo recomendado, pois o custo de posse é diretamente proporcional à taxa de juro.

É possível para a empresa poupar relativamente à situação atual, e reduzir 31% do espaço em situação de capacidade máxima com taxas de juro baixas e 40% em situações de taxa de juro altas, para as matérias-primas sólidas em análise.

No caso de algumas matérias-primas foram estimados mínimos locais de encomenda, através da análise da variação do custo de emissão de encomenda. Esse mínimo local possibilita alguma poupança, mantendo, no entanto, uma melhoria considerável a nível de logística e eliminação de desperdício.

Tabela 4.5 - Capacidades máximas estimadas para as matérias-primas em estudo.

	Capacidade máxima atual (toneladas)	Capacidade máxima para juros baixos (toneladas)	Capacidade máxima para juros altos (toneladas)
MP-01	60	35	35
MP-02	10	5	3
MP-03	5	4	4
MP-04	5	4	2
MP-05	5	4	4
MP-06	2	2	2
MP-07	2	4	2
MP-10	1	4	2
Total	90	62	54
Diminuição de consumo de espaço		31%	40%

Incluindo as matérias-primas para as quais, por algum motivo, não foi possível realizar a análise de *stock*, a poupança de espaço total é de 29% para juros baixos e 37% para juros altos, como representado na Tabela 4.6. Os principais motivos pelos quais matérias-primas não foram contabilizadas na análise de *stock*, foi principalmente a falta de dados, derivado destas serem consumidas pontualmente, por vezes em quantidades muito variáveis.

Tabela 4.6 - Poupança total de espaço contabilizando todas as matérias-primas.

	Estimada	Com Juros Baixos	Com Juros Altos
Capacidade Máxima	97	69	61
Poupança de espaço		29%	37%

Deve-se, no entanto, continuar a acompanhar a evolução das taxas de juro, os custos unitários de *stock*, os custos de emissão de encomendas e a procura associados a diferentes matérias-primas, pois basta um destes valores variar significativamente para estas sugestões deixarem de ser aplicáveis.

O mercado é, na sua essência, imprevisível. As políticas de *stocks* de qualquer empresa devem ser dinâmicas, baseadas em todos os dados disponíveis acerca das variações do mercado de forma a tomar as decisões mais acertadas possíveis.

5. Armazenamento *Lean*

A cadeia de valor da Eurochemicals é uma cadeia linear padrão. Após a receção da matéria-prima, esta necessita ser armazenada, tal como os produtos acabados. Uma vez que o armazenamento é um ponto importante na cadeia de valor, a sua avaliação e otimização são importantes, e foram efetuadas neste trabalho.

A aplicação do *Lean* à gestão do armazenamento de uma empresa, ou seja, a otimização da utilização do espaço sem comprometer a qualidade e eficiência do serviço é denominado de *Lean Warehousing*. A gestão do espaço é de uma importância fulcral, pois este recurso, para além de limitado, é de alto custo.

Os dois armazéns mencionados, denominados de A1 e A2 na Figura 26 destinavam-se ao armazenamento de matéria-prima e de material de embalagem, respetivamente.

No entanto, a forma como estes armazéns estava estruturada criava um grande desperdício sob a forma de movimentações desnecessárias. A distância a percorrer entre a entrada destes armazéns e a zona de produção (local onde estes consumíveis eram utilizados) dificultava esta tarefa.

Assim, identificou-se como oportunidade de melhoria a reestruturação e reorganização destes armazéns, como a alteração de layouts, de forma a reduzir a distância a percorrer desde o armazém à zona de produção. Esta reorganização implicou a alteração profunda dos layouts, redefinindo áreas alocadas ao armazenamento de matérias-primas, material de embalagem, bem como a separação total da área produtiva. Estas alterações de *layout* e separação da área produtiva, para além da redução considerável da distância entre o armazém e o ponto de consumo, melhorou as condições de acesso para a área produtiva, melhorando a produtividade e as condições de trabalho dos trabalhadores. Esta reorganização de *layout* é apresentada na Figura 26, sendo a parte da área produtiva identificada como A3).



Figura 26 - Representação dos armazéns da empresa antes da reestruturação.

Numa etapa inicial (elaborada no subcapítulo 5.1), os planos do armazém foram realizados tendo em conta as suas dimensões e os seguintes critérios:

- Aproveitamento: Maximizar o espaço útil do armazém, ou seja, ocupação do máximo de espaço possível;
- Funcionalidade: Tornar o espaço ocupado acessível, relativamente às manobras do empilhador, uma vez que nada adianta ocupar muito espaço, se há perdas de tempo e recursos desnecessárias ao usufruir do mesmo;
- Investimento: É necessário ter em conta as alterações que podem ser feitas ao armazém, sendo que diferentes planificações podem implicar custos superiores, que devem ser sujeitos a análise, de forma a compreender o retorno desse investimento.

Após ser definido o planeamento do armazém é necessário preencher o mesmo de acordo com outros critérios (como demonstrado no subcapítulo 5.2):

- Segurança: Existem incompatibilidades químicas e, como tal, é necessário ter as mesmas em consideração no armazenamento, de forma a não colocar os trabalhadores ou os materiais em perigo;

- Necessidades: O espaço ocupado por cada produto/matéria-prima/material de embalagem será determinado pelas necessidades da empresa (representadas no capítulo Anexo A3);
- Rotatividade: Matérias-primas com uma maior taxa de consumo, por exemplo, devem ser colocadas mais próximas do local de consumo, de forma a terem rotas de transporte mais pequenas e assim minimizar o tempo e energia associados à sua movimentação.

5.1 Análise de Cenários

Partindo da informação disponível acerca das dimensões dos armazéns, assim como da informação referente a outros elementos presentes nos mesmos, foram esquematizados, com o auxílio da ferramenta *SkecthUp*, alguns dos cenários possíveis para a organização futura do armazém.

Na Tabela 5.1, encontram-se sintetizados os dados relativos ao dimensionamento de diferentes componentes do armazém, alguns deles medidos de forma diretos, outros dimensionados no decurso do trabalho de acordo com as necessidades da empresa.

Os corredores foram dimensionados tendo em conta as dimensões do empilhador, assim como o espaço que este necessita para se deslocar, efetuar manobras e remover e colocar paletes.

As estantes ou prateleiras possuem uma capacidade de duas paletes por quatro andares, ou seja, 2 por 4. A presença de estantes é um fator de elevada importância para os diferentes cenários, pois, permitem o armazenamento em altura. Do ponto de vista prático é muito cómodo pois existem matérias-primas consumidas em quantidades reduzidas, ocupando um espaço reduzido no armazém. Dado que as paletes são armazenadas em filas, caso não existissem estantes, as matérias-primas de baixo consumo tornar-se-iam muito inacessíveis no caso de ser necessário colocar várias na mesma fila.

Tabela 5.1- Dados relativos ao dimensionamento das diferentes componentes do armazém.

Componente	Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)
Paleta	1,0	1,5	1,2
Monta-Cargas	1,7	3,0	2,0
Estante	1,3	2,8	4,0
Plataforma	6,6	3,6	-
Corredor	-	6,0	-

Para além das condições mencionadas na Tabela 5.1, existem outras condições que não foram consideradas na primeira análise. Após o cenário a aplicar ser selecionado, esses componentes serão tidos em conta.

Nos diferentes cenários procurou-se privilegiar determinados critérios.

No Cenário 1 privilegiou-se o critério da Funcionalidade, sendo o único cenário no qual se encontram presentes dois corredores em todo o armazém.

No Cenário 2 privilegiou-se o critério do Aproveitamento, procurando ocupar ao máximo o armazém.

No Cenário 3 procurou-se comprometer o Aproveitamento e a Funcionalidade, existindo uma zona do armazém com mais do que um corredor.

No Cenário 4 privilegiou-se a utilização, de um ponto vista mais prático. Baseado em sugestões feitas pelos trabalhadores, separando completamente a área A3 (área produtiva), aumentando a área disponível A1 e A2 para armazenamento de matérias-primas e material de embalagem, reorganizando a área A3.

No Cenário 5 considerou-se o Cenário 3, com a separação e reorganização da área A3, de forma a compreender o efeito da construção da plataforma fora da área A1 e A2.

5.1.1 Cenário 1

No Cenário 1, foi privilegiado o critério da Funcionalidade, ou seja, foi tida em conta a presença de dois corredores ao longo do armazém, facilitando a acessibilidade às filas de paletes, encontrando-se as filas acessíveis de ambos dos lados em quase todo o armazém.

Quanto mais curtas as filas de paletes, e quanto mais pontos de acesso tiverem, mais flexível e dinâmica é a ocupação do armazém. Assim, a frequência de movimentação desnecessária de paletes diminui.

Neste cenário, o critério comprometido é o do Aproveitamento, pois os corredores que permitem a manobra do empilhador ocupam uma área significativa, diminuindo a capacidade de armazenamento de paletes.

A representação deste cenário na Figura 27 torna evidente a área libertada em prol da mobilidade do empilhador. É notável também a presença de uma pequena zona na qual o empilhador não acede às paletes de um dos lados, dada a presença da plataforma (pertencente à área produtiva A3).

Neste cenário há uma capacidade total de 178 paletes no chão do armazém, ainda com a presença de 5 prateleiras.

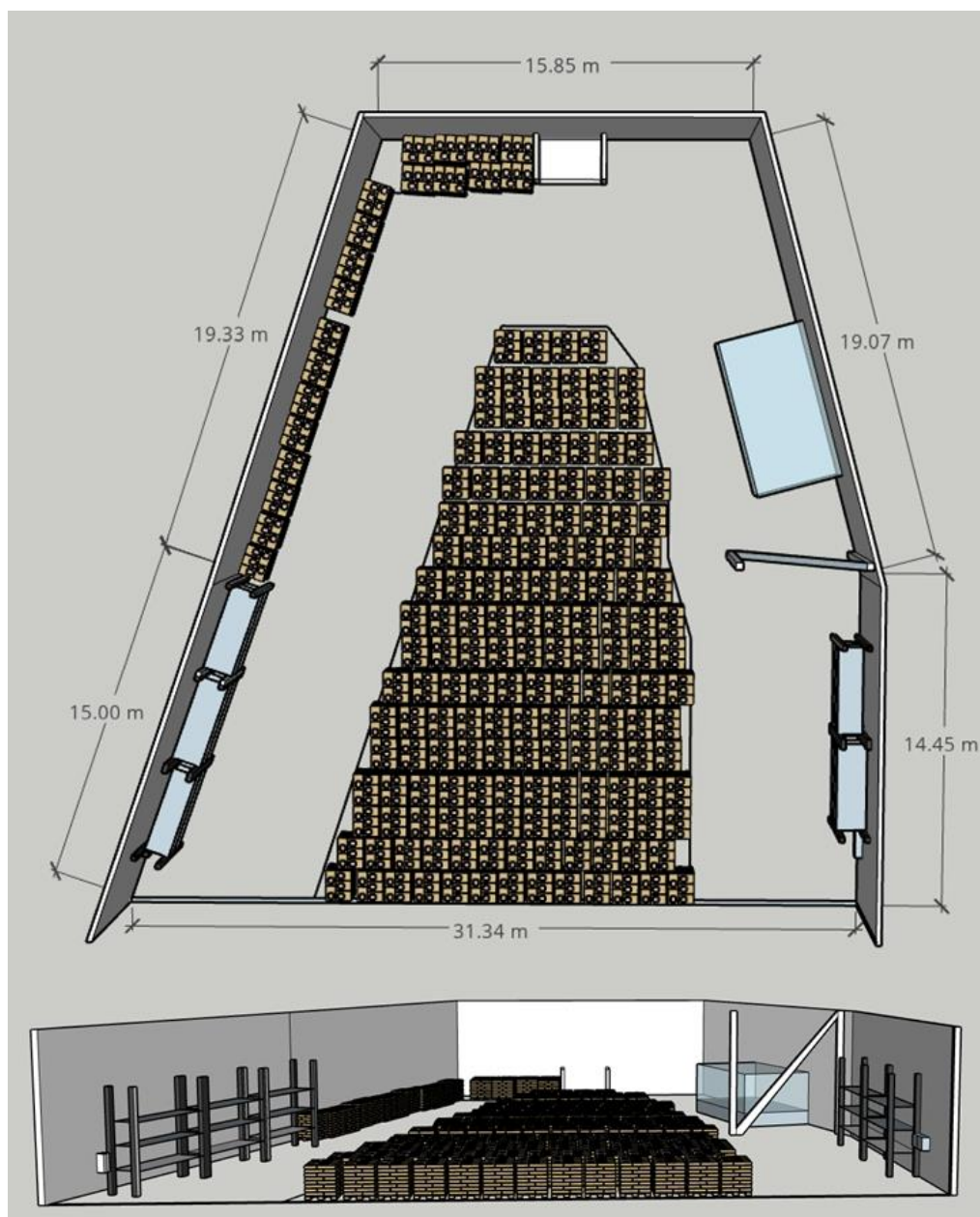


Figura 27 - Representação do Cenário 1 na aplicação Sketchup.

5.1.2 Cenário 2

No Cenário 2 foi privilegiado o critério do Aproveitamento, sendo que se procurou obter um modelo de armazém com o máximo de área possível ocupada por paletes, mantendo a acessibilidade.

Assim sendo, existe apenas um corredor que percorre o novo armazém desde a entrada até aos montes de cargas (acesso criado para acesso à área produtiva, minimizando assim a distância do armazém ao ponto de consumo). Para maximizar a área ocupada foi considerada a remoção de duas das estantes. Apesar desta remoção necessitar do consumo de tempo e mão-de-obra, considera-se o aumento de investimento desprezável.

Este cenário tem associado a si problemas de funcionalidade muito grandes. Considera-se nesta empresa que uma fila com 11 paletes é uma fila longa, sendo o ideal o número de paletes ser igual ou menor a este. No entanto, como é observável na Figura 28, de acordo com este cenário existiriam filas com 16 paletes!

Caso a orientação das primeiras 11 filas de paletes fosse alterada, seria possível aumentar a Funcionalidade deste cenário. Ou seja, dado que o acesso às paletes tem uma direção preferencial, ao invés da entrada do armazém possuir 11 filas de 16 paletes poderia possuir 16 filas de 11 paletes.

Este cenário permite uma capacidade de 297 paletes, quase o dobro da capacidade do Cenário 1. No entanto, neste cenário existiriam apenas 2 estantes.

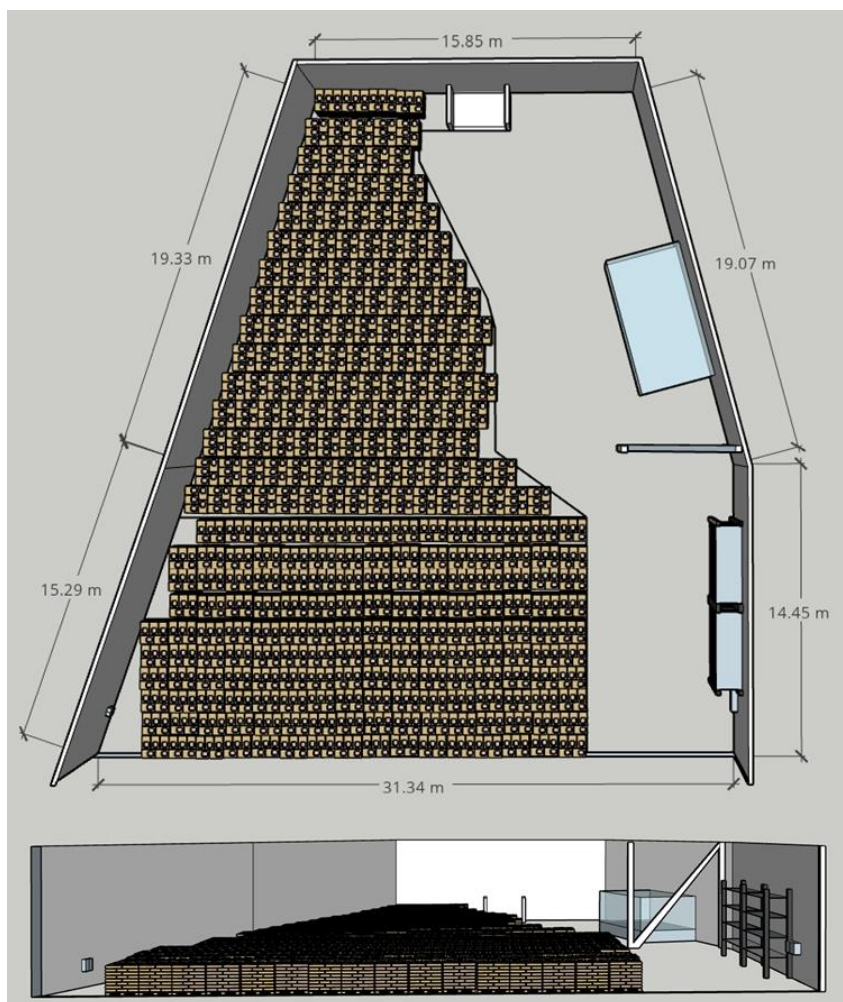


Figura 28 - Representação do Cenário 2 na aplicação Sketchup.

5.1.3 Cenário 3

No Cenário 3 procurou-se um compromisso entre a Funcionalidade e o Aproveitamento, ou seja, neste cenário foi tida em conta uma maior acessibilidade na zona onde se encontra uma maior densidade de paletes.

Considerou-se, então, meio corredor na zona inicial para além do corredor principal que leva da entrada até ao monta-cargas. Este meio corredor estaria unido ao corredor principal por uma pequena passagem, de forma a evitar contornos desnecessários, como representado na Figura 29.

Neste cenário a capacidade do armazém alcança as 203 paletes, sendo ainda possível a presença de 5 prateleiras.

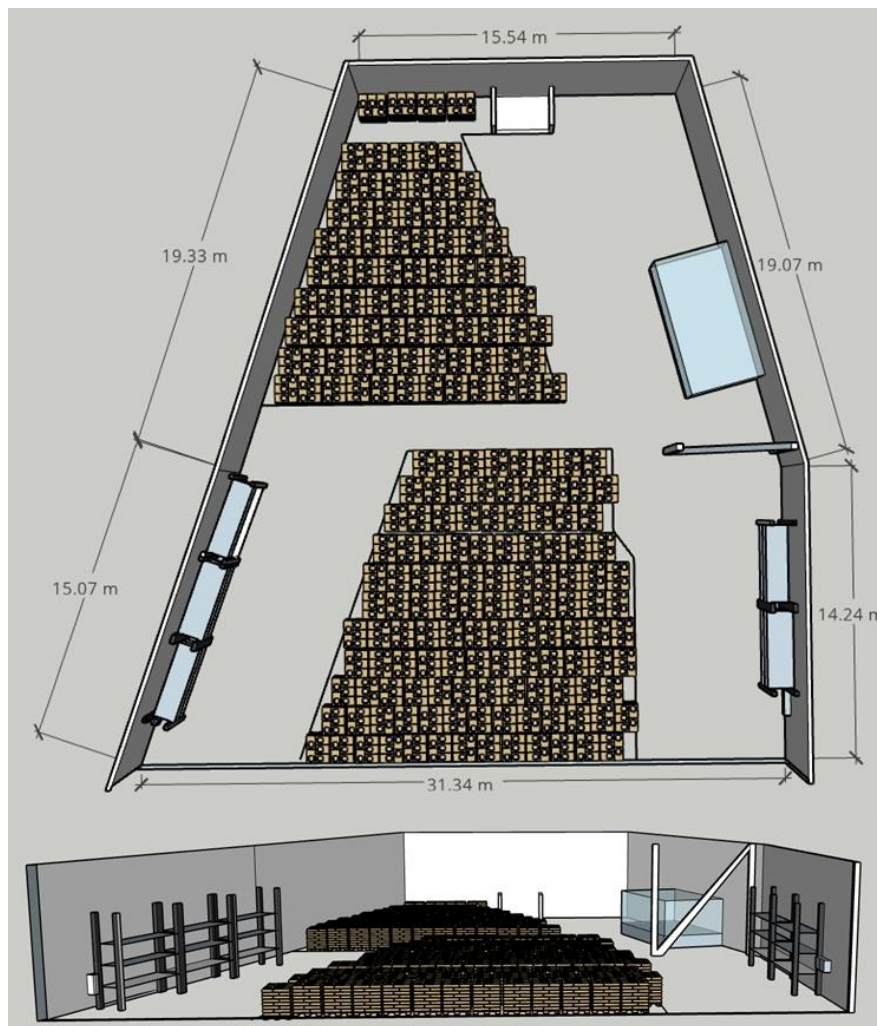


Figura 29 - Representação do Cenário 3 na aplicação Sketchup.

5.1.4 Cenário 4

A metodologia *Lean*, como elaborado nos primeiros capítulos, depende da participação ativa dos trabalhadores, pois, sendo que os mesmos realizam todas as etapas associadas à cadeia de valor, eles terão uma perspectiva única relativamente às questões práticas inerentes ao processo produtivo.

A sugestão de alteração de *layouts* e alteração do posicionamento da plataforma, ficando totalmente integrada apenas na área A3 surgiu da consulta e discussão do tema com todos os trabalhadores. O Cenário 4 culmina no somatório de diversas sugestões sugeridas pelos trabalhadores.

As principais alterações associadas a este cenário prendem-se na relocação da plataforma para fora da área do armazém e no formato em “T” do corredor.

Este cenário possui uma capacidade de 268 paletes, com a possibilidade de instalação de 4 estantes, como representado na Figura 30.

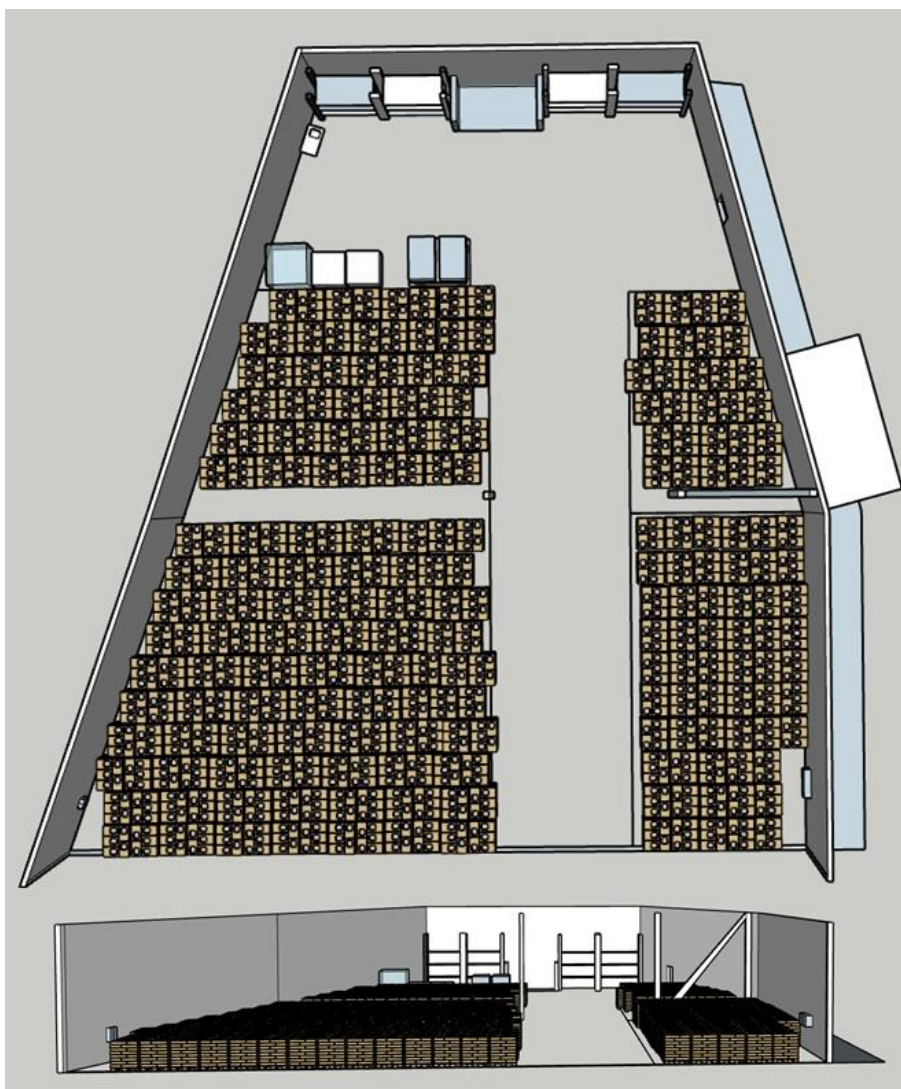


Figura 30 - Cenário 4 representado na aplicação Sketchup.

5.1.5 Cenário 5

O Cenário 5, derivado do Cenário 3, foi criado tendo em mente a realocação da plataforma para fora da zona do armazém. Encontra-se representado na Figura 31 a representação do Cenário 5.

A aplicação da realocação da plataforma aumentou a capacidade do armazém, sendo que neste cenário o armazém possui uma capacidade de 221 paletes, com a presença de 5 estantes.

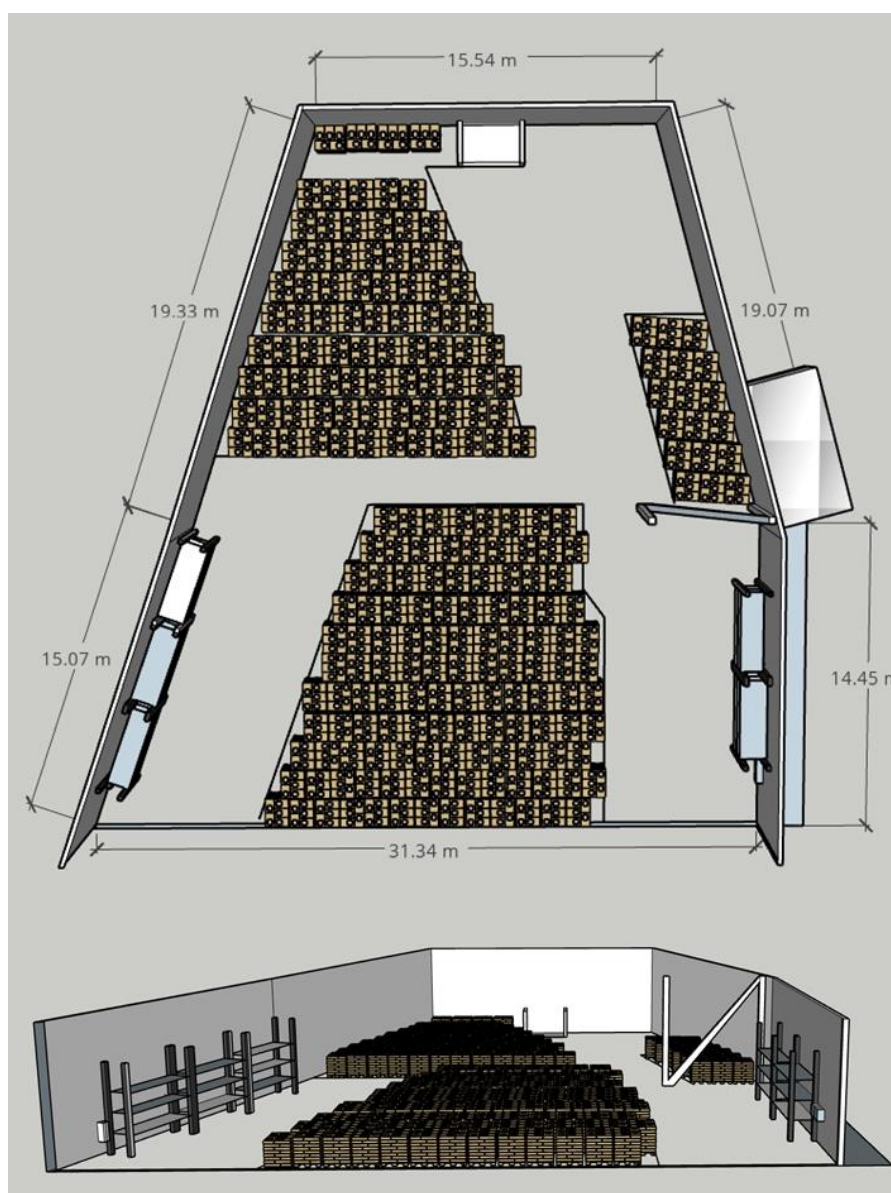


Figura 31 - Cenário 5 representado na aplicação SketchUp.

5.1.6 Análise Global

De acordo com os critérios previamente estabelecidos foi necessário selecionar o cenário mais desejável.

O critério do Aproveitamento foi avaliado a partir da capacidade total em paletes de cada um dos cenários.

O critério do Investimento foi avaliado tendo em conta os diferentes níveis de investimento realizados nos diferentes cenários.

O critério da Funcionalidade torna-se de difícil avaliação. A Funcionalidade, como definida, procura tornar todas as paletes do armazém de acesso mais fácil possível. A presença de mais do que um corredor torna uma fila acessível por dois lados, por exemplo. A existência de estantes também contribui para a Funcionalidade do cenário, pois facilita o armazenamento de consumíveis de baixa utilização. Assim sendo, optou-se por priorizar a média e mediana do número de paletes por fila (idealmente, menor ou igual a 10 paletes). Em caso destes valores serem idênticos, o número de corredores e de estantes podem ter sido em consideração.

Em termos de Aproveitamento, o Cenário 2 possui uma capacidade total de 321 paletes, significativamente superior aos outros cenários apresentados.

Quanto ao Investimento, os Cenários 4 e 5 são os únicos que apresentam investimento significativamente superior, sendo esta uma desvantagem para estes cenários, relativamente aos restantes.

Finalmente, relativamente à Funcionalidade, tanto o Cenário 4 como o Cenário 1 possuem uma média e mediana de paletes por fila de 8 paletes, no entanto, o Cenário 1 possui tanto um número superior de corredores como um número superior de estantes, sendo, na prática, o cenário mais funcional.

Na Tabela 5.2 encontram-se os dados relativos à análise global dos diferentes cenários.

Tabela 5.2 - Análise Global dos diferentes cenários.

Cenário	Capacidade (paletes)	Capacidade (estantes)	Capacidade total	Número de filas	Média (paletes p/fila)	Mediana (paletes p/fila)	Investimento
1	178	6	226	21	8	8	1
2	297	3	321	30	10	10	1
3	203	6	251	20	10	11	1
4	268	4	300	35	8	8	1,1
5	221	6	269	26	8	9	1,1

Não existe um cenário que se destaque com clareza em todos os critérios. É necessário, portanto, atribuir diferentes classificações aos diferentes cenários de acordo com a importância de cada critério.

A cada critério foi atribuída uma nota de 1 a 5. Consideraram-se os critérios da Funcionalidade e do Aproveitamento igualmente importantes, cada um valendo 40% da classificação final, sendo os restantes 20% associados ao Investimento.

De uma forma global, e de acordo com a importância relativa estabelecida para os diferentes critérios, o cenário de maior classificação é o Cenário 4, que possui um alto nível de Aproveitamento e Funcionalidade, apesar de requerer um nível de investimento um pouco mais elevado

Na Tabela 5.3 encontram-se representadas as classificações dos diferentes critérios e dos diferentes cenários.

Com a maior classificação destaca-se então o Cenário 4.

Tabela 5.3 - Classificação dos diferentes cenários e critérios.

Cenário	Aproveitamento	Funcionalidade	Investimento	Global
1	3	5	5	4,2
2	5	3	5	4,2
3	3	3	5	3,4
4	5	4	4	4,4
5	4	4	4	4,0

5.2 Implementação

Após selecionado o Cenário 4, é necessário adicionar outros elementos para o preenchimento do armazém, assim como organizar as matérias-primas, materiais de embalagem e produtos acabados em função dos critérios enunciados anteriormente no Capítulo 4 (Necessidades, Segurança e Rotatividade).

Foi possível obter a organização do armazém representada na Figura 32 preenchendo a zona final do armazém com os elementos em falta. Um deles, a zona de pesagem, representada por uma mesa que se encontra lado esquerdo, adjacente às estantes. Adicionaram-se também bacias de retenção, de forma a armazenar matérias-primas em estado líquido.

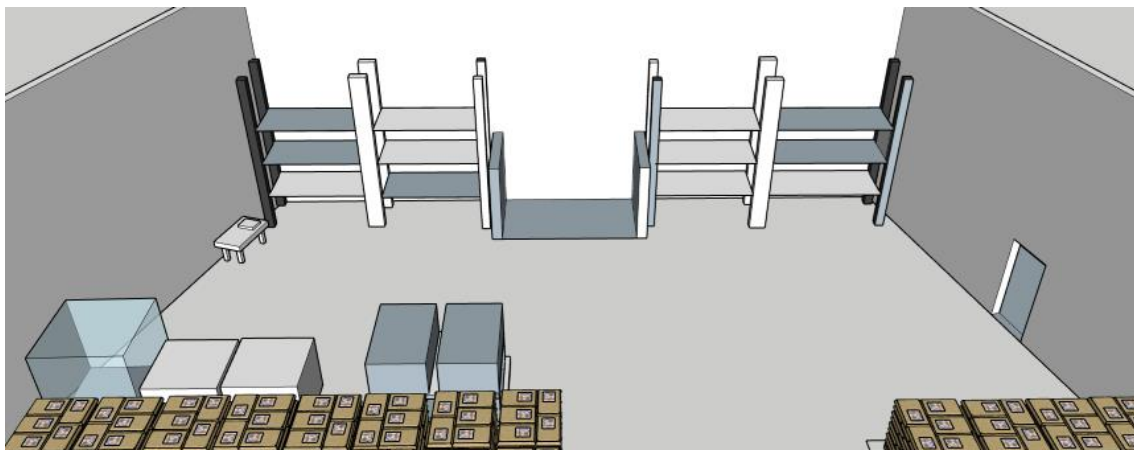


Figura 32 - Representação da adição de outros elementos necessários através da aplicação SketchUp.

Finalmente, é necessário o preenchimento do armazém com as necessidades da empresa (enunciadas no Anexo A.3), sendo primeiro necessário ter em atenção o critério da Segurança.

5.2.1 Aplicação do critério da Segurança

O critério da segurança visa ter em atenção a segurança dos trabalhadores, das instalações e dos próprios materiais. Como tal, é necessário ter em conta as incompatibilidades químicas entre as diferentes matérias-primas, de forma a mantê-las afastadas no armazém e evitar quaisquer tipo de reações adversas em caso de acidente.

Estas incompatibilidades estão relacionadas com as propriedades dos produtos químicos, evidenciadas pelos pictogramas associados a cada matéria-prima. A Eurochemicals já possuía uma tabela com todas incompatibilidades das matérias-primas presentes na empresa que se encontra sintetizada na Tabela 5.4.

No entanto, torna-se claro na análise da Tabela 5.4 que a grande maioria das incompatibilidades químicas são entre as MPL-06 e MPL-08 e as restantes matérias-primas. Para além disso, a MPL-09 e a MPL-10 também são incompatíveis entre si.

Apesar da MPL-06 e MPL-08 possuírem um número elevado de incompatibilidades, são compatíveis entre si. Recomenda-se, portanto, que estas sejam armazenadas no mesmo local, afastadas das restantes matérias-primas com as quais são incompatíveis. Para além disso as MPL-09 e MPL-10 devem ser armazenadas separadamente.

Tabela 5.4 - Tabela de dupla entrada das incompatibilidades referentes aos químicos presentes na Eurochemicals.

	MP-03	MP-06	MP-08	MPL-06	MPL-08	MPL-09	MPL-10	MPL-11
MP-03	X							
MP-06		X						
MP-08			X					
MPL-06				X				
MPL-08					X			
MPL-09						X		
MPL-10							X	
MPL-11								X

Após a aplicação do critério mais importante, o critério da Segurança, é possível aplicar os critérios das Necessidades e da Rotatividade.

5.2.2 Distribuição dos Materiais

Para a distribuição dos materiais no cenário selecionado, é necessário ter vários fatores em consideração. Primeiro, separar as matérias-primas e material de embalagem. Depois, considerar um armazenamento numa situação de *stock* máximo, de forma ao armazém conseguir manter a sua funcionalidade nessa situação.

Do ponto de vista prático, seria mais útil ter as matérias-primas de maior rotatividade mais perto do monta-cargas, que daria via direta para as linhas de produção. No entanto, caso matérias-primas de menor necessidade não sejam colocadas nas filas de menor comprimento e nas estantes, estas teriam de ser colocadas em filas de grande comprimento, o que as tornaria de difícil acesso.

Assim sendo, encontra-se descrita na Tabela 5.5 a distribuição de materiais de baixa necessidade nas diferentes posições das estantes, considerando as estantes de 1 a 4 da esquerda para a direita.

Numa situação de ocupação máxima, é possível armazenar todas as matérias-primas e materiais de embalagem de baixa necessidade (encontrando-se as necessidades da Eurochemicals representadas no Anexo A.3). Há ainda espaços disponíveis nas estantes para o caso do armazenamento de matérias-primas de uso pontual.

Tabela 5.5 – Organização das estantes no Cenário 4.

Estante 1		Estante 2		Estante 3		Estante 4	
Posição	Material	Posição	Material	Posição	Material	Posição	Material
1	MP-06	1	MP-03	1	MP-05	1	ME-08
2	MP-06	2	MP-03	2	MP-05	2	ME-08
3	MP-07	3	MP-03	3	MP-05	3	ME-09
4	MP-07	4	MP-03	4	MP-05	4	ME-09
5	MP-12	5	MP-04	5		5	ME-10
6	MP-10	6	MP-04	6		6	ME-10
7	MP-10	7	MP-15	7		7	ME-11
8	MP-15	8	MP-11	8		8	ME-11

Assim sendo, resta distribuir os restantes materiais, sendo que na sua grande maioria tratam-se de materiais de elevado consumo. Torna-se mais fácil distribuir estes materiais dado as necessidades destes materiais serem, por norma, iguais ou superior aos comprimentos das filas. Assim, a Funcionalidade do armazém não é comprometida.

Considerou-se que, com sobreposição, as Necessidades das matérias-primas restantes é de 24 paletes e do material de embalagem restantes 40.

O lado esquerdo, com filas maiores, seria ocupado pelas matérias-primas (que tem maior consumo), e o lado direito, com filas de menor comprimento, seria ocupado pelo material de embalagem.

Esta distribuição encontra-se representada na Figura 33. Para a situação representada, sobra ainda o espaço para 204 paletes no armazém A. Este espaço seria aproveitado para o armazenamento de produto acabado, satisfazendo as necessidades estimadas, para uma situação de ocupação máxima de 160 paletes.

No entanto, para cenários de menor ocupação, ou seja, numa situação normal, seria possível armazenar parte das matérias-primas que se encontram nas filas dos armazéns nas estantes de forma a estarem mais perto da zona de pesagem, repondo a presença dos mesmos nas estantes à medida que se dá o consumo

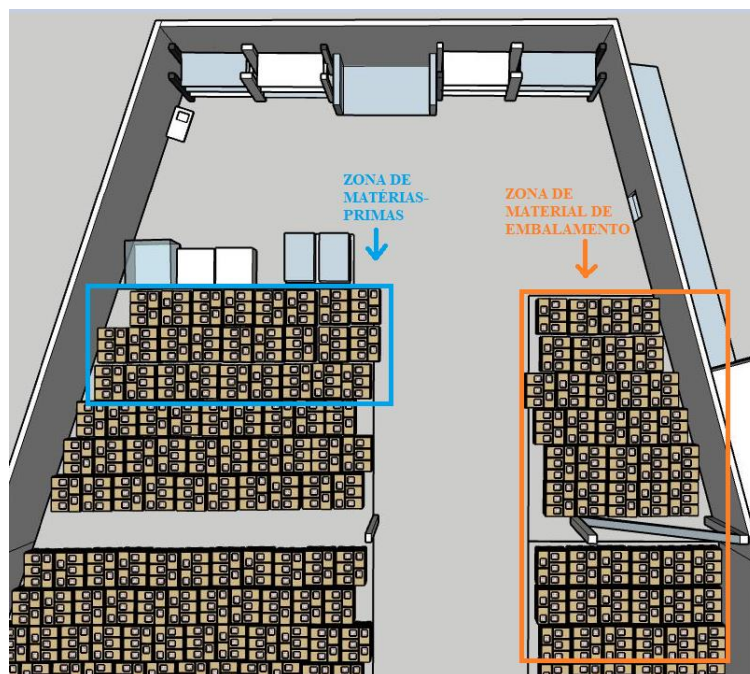


Figura 33 - Representação da distribuição das matérias-primas e materiais de embalagem ao longo do armazém A.

5.3 Implementação

Concluídos os trabalhos de reestruturação, o armazém foi organizado segundo as previsões feitas no cenário teórico.

Segundo a aplicação *SketchUp*, o Cenário 4 teria uma capacidade total de 300 paletes. Na realidade, o armazém possui a capacidade total de 308 paletes, tendo sido preenchido à semelhança do Cenário 4. Existem, no entanto, algumas divergências do modelo teórico.

Foram adicionados elementos que à medida que o armazém foi preenchido. Adicionou-se, então, uma zona de estacionamento do empilhador e do *stacker* elétrico, para, sempre que estes não estivessem em uso, a sua localização ser conhecida. Para além disso, foram adicionados dois corredores para passagem dos trabalhadores, de forma a tornar a sua livre circulação mais prática. Por fim, foi possível a adição de mais uma estante.

Todos estes elementos encontram-se representados na Figura 34.



Figura 34- a) Corredor, b) Estacionamento do empilhador e c) Estacionamento do stacker.

Para assinalar estas adições, assim como as filas de paletes, recorreu-se ao uso de fita de marcação. Este exemplo pratico de gestão visual visa facilitar a organização do armazém.

Caso, no decorrer da utilização do armazém, seja necessário relocar algum elemento, por exemplo, estas marcações podem ser alteradas.

A aplicação *SketchUp* provou-se, portanto, uma aplicação adequada ao planeamento de organização de espaço, quando consideradas as dimensões corretas.

6. Resolução Estruturada de Problemas

A metodologia *Lean* é um percurso de implementação e melhoria contínua, como tal, foi necessária a introdução do *Lean* à empresa através de uma ação de formação, na qual foram introduzidos conteúdos relacionados com o Método A3 associado à resolução estruturada de problemas, cujos conteúdos se encontram representados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 - Conteúdos programáticos da apresentação feita aos trabalhadores da empresa.

Temas	Conteúdos
Contextualização Histórica da Produção Industrial	• Contraste entre produção artesanal, em massa e <i>Lean</i>; • Guerra como agente catalisador de mudança; • Surgimento do Sistema de Produção da Toyota;
Metodologia <i>Lean</i>	• Os pilares do <i>Lean</i>; • Os cinco princípios do <i>Lean</i>; • Os sete desperdícios do <i>Lean</i>;
Método A3	• Abordagem de problemas de forma a tratar as causas, e não os efeitos; • Método A3 como forma de resolução estruturada de problemas num ambiente industrial dinâmico; • Apresentação das diferentes questões que necessitam de resposta nos diferentes campos da folha A3;
As 7 Ferramentas da Qualidade	• Apresentação das 7 ferramentas da qualidade para a o tratamento de dados, com exemplos práticos da sua utilização de forma a uma melhor compreensão.

Este tipo de introdução tem como objetivo fornecer aos trabalhadores as ferramentas para resolver os problemas com que são confrontados nas diferentes etapas do processo produtivo. Assim a resolução de problemas seria dinamizada tendo cada vez mais pontos de vista diferentes a trabalhar em conjunto para um objetivo comum. Como referido por João Paulo Pinto no livro “Pensamento Lean”:

“O mais importante investimento a longo prazo que uma organização poderá fazer é nas pessoas”

- (Pinto, 2014)

6.1 Método A3

O Método A3 de resolução estruturada de problemas consiste em colocar este método numa folha A3 física, bem visível no local de trabalho, de uma forma a que qualquer pessoa da empresa possa, ao ler a folha, compreender a abordagem tomada acerca da problemática em questão. Para além disso, o ideal seria que cada um pudesse dar a sua própria perspetiva neste tipo de resolução.

Este método é dividido em diferentes passos sequenciais utilizados para a abordagem de problemas e a sua resolução. O número de passos pode variar, dependendo dos autores consultados. Neste trabalho, será adotado um modelo derivado do apresentado no livro “Managing to Learn” do autor John Shook. Apesar de existirem algumas variações no número de passos, o conteúdo de diferentes modelos é, no fundo, o mesmo, sendo por norma estas variações justificam-se pela separação ou condensação de passos.

Existem, no entanto, algumas regras comuns de aplicar neste tipo de modelos, sendo por norma a mais importante o facto de as etapas serem sequenciais e de não se poder, de forma alguma, passar para a etapa seguinte sem ter a certeza de que a etapa anterior é devidamente encerrada. No caso de uma etapa de possíveis soluções, por exemplo, não faz sentido suceder-se a uma definição de problemática incompleta, ou seja, sem compreender completamente o problema em mãos, não é possível fornecer soluções eficazes.

Encontra-se representado na Figura 35 o modelo do método A3 utilizado empresa para preenchimento por parte dos trabalhadores com *post-its*, de forma a qualquer pessoa poder adicionar ou remover diferentes partes do A3 assim que conveniente, ou na sua totalidade quando um problema for dado como resolvido. Cada turno está na posse de uma destas folhas, sendo lhes dada a autoridade e autonomia para a sugestão de resolução de diferentes problemas que surgem ao longo do processo produtivo. O recurso a *post-its*, visa facilitar a discussão e troca de ideias numa fase inicial, sendo expectável que, após consenso entre os elementos da equipa, se passe para algo definitivo.

		Projeto:		Autoria:		Data:	
1. Contexto		2. Situação Atual		3. Objetivo			
IN COMPLETO		IN COMPLETO		IN COMPLETO			
4. Análise		5. Recomendações		6. Plano de Implementação		7. Acompanhamento	
IN COMPLETO		IN COMPLETO		IN COMPLETO		IN COMPLETO	

Figura 35 - Folha A3 baseada em (Shook, 2008) por preencher;

Como é possível observar, no caso em estudo a resolução estruturada de problemas na folha A3 pode ser dividida em 7 etapas ou passos principais.

No **Contexto**, é necessário efetuar-se a contextualização do problema, ou seja, compreender de onde vem o problema, o porquê deste problema ser importante e quais os diferentes critérios que devem ter sido em conta aquando da abordagem do problema. Em várias fontes, é frisada a importância desta etapa, ou seja, a correta definição do problema define todo o processo da sua resolução! Como tal, é necessário o raciocínio crítico para pôr a questão correta, pois apenas fazendo as questões certas é possível obter as respostas certas!

Após a definição do problema na primeira etapa, dá-se a análise da **Situação Atual**. Ao conhecer a situação atual, conhecendo qual a realidade do chão de fábrica e a eficácia do processo é possível conhecer quais as condições que indicam a necessidade de mudança. Esta etapa permite a decomposição dos dados do processo, utilizando os métodos possíveis (gráficos, mapas, etc) de maneira a tornar os desvios da idealidade mais evidentes.

Segue-se o **Objetivo**, neste campo é necessário definir um objetivo concreto. Este deve ser definido em função do conhecimento do problema e da situação atual, afirmando

concretamente o que se pretende, quando se pretende e com que impacto. É necessário, sempre que possível, quantificar o objetivo, pois assim torna-se possível compreender o caminho a percorrer desde a situação atual, até ao objetivo.

A **Análise** consiste na procura de uma causa raiz do problema em questão. Esta procura deriva, por norma, de ferramentas do *Lean* ou do método científico, de forma a encontrar o verdadeiro problema. É recorrente a utilização das 7 ferramentas da qualidade, elaboradas no subcapítulo “As Sete Ferramentas da Qualidade”, assim como a ferramenta dos 5W, pois, quando aplicada corretamente, chegará sempre à principal causa do problema em questão.

As **Recomendações** passam pela sugestão de possíveis soluções à problemática atual, demonstrando como é que cada solução iria afetar o problema e também a realidade da empresa. Segue-se a sua avaliação mediante de determinados critérios, como por exemplo, viabilidade, investimento, eficácia ou outros, dependendo das prioridades da empresa no processo de resolução do problema em questão. Após a avaliação das diferentes soluções possíveis é necessário selecionar quais se afiguram apelativas do ponto de vista custo/benefício.

Feita a seleção é necessário um **Plano de Implementação**. Este plano engloba as necessidades deste processo a nível de mão-de-obra, investimento e tempo, assim como quem é responsável pela sua implementação e avaliação. Traçado este plano no tempo (com o auxílio, por exemplo, de um diagrama de Gantt) torna-se necessário também definir que critérios serão utilizados para determinar a variação da eficácia do processo, de forma a avaliar o mesmo ao longo das diferentes etapas da sua implementação ou apenas para comparar a sua eficiência inicial face a sua eficiência final.

Finalmente é necessário o **Acompanhamento** das alterações implementadas. Nesta etapa final é apenas necessária a certificação de que as soluções implementadas são eficazes e, que se for o caso, que estas são devidamente integradas no processo, não se tratando de um regime temporário, mas sim de uma nova realidade para o processo. Esta nova realidade necessita de ser acompanhada através dos mesmos critérios que garantem a sua eficácia, de forma a garantir que estes novos resultados estão “fixos”. Deve-se também no final tirar ilações do que se retirou deste método, podendo as diferentes ideias utilizadas, ou até ideias que não o são, ser de proveito intelectual para a resolução dos próximos desafios (Shook, 2008).

De forma a tornar mais fácil a compreensão destes passos, colocaram-se diferentes questões nos diferentes campos, sendo que cada campo procura responder a determinadas

questões. A folha fornecida aos presentes nas ações de formação encontra-se representada na Figura 36.

		Projeto:		Autoria:		Data:	
1. Contexto		2. Situação Atual		3. Objetivo			
☐ IN ☐ COMPLETO		☐ IN ☐ COMPLETO		☐ IN ☐ COMPLETO			
- Qual o propósito desta temática? - O que deve ser melhorado? - Qual é o historial deste problema?		- Qual é o estado atual da situação? - Qual é o desvio da situação relativo à situação ideal? - Que dados nos indicam este desvio?		- Qual é o resultado desejado? - Que valores pretendemos obter com esta abordagem?			
4. Análise		5. Recomendações		6. Plano de Implementação		7. Acompanhamento	
☐ IN ☐ COMPLETO		☐ IN ☐ COMPLETO		☐ IN ☐ COMPLETO		☐ IN ☐ COMPLETO	
- Qual é a causa raiz do problema? - O que é que impede o normal funcionamento do processo? - Porque é que este(s) problema(s) existe(m)? - Recurso à utilização de ferramentas!		- Quais são as possíveis soluções ao problema? - Avaliar as diferentes soluções de acordo com determinados critérios (investimento, aplicabilidade, eficácia) - Demonstrar ligação direta entre a solução e a causa raiz!		- Planear solução (ões) de acordo com quem será responsável, recursos utilizados, período de tempo necessário - Como será medido o progresso da(s) solução (ões) utilizada(s)?		- A implementação ocorre como o esperado? - O progresso corresponde ao desejado? - O “ideal” foi alcançado? - Há problemas que podem ser antecipados? - Como será garantido que as alterações são duradouras?	

Figura 36 - Folha fornecida com as questões relativas aos diferentes passos da aplicação do Método A3.

Foram também fornecidos exemplos práticos da aplicação das sete ferramentas da qualidade, com o objetivo de serem utilizadas na etapa da análise.

6.2 As Sete Ferramentas da Qualidade

As sete ferramentas da qualidade são comumente utilizadas na etapa **Análise** do método A3, pois são ferramentas bastante intuitivas e relativamente eficazes, sendo que se encontram enumeradas na seguinte lista:

- Folha de Verificação;
- Histograma;
- Diagrama de Pareto;
- Diagrama Causa e Efeito
- Diagrama de Dispersão;
- Fluxograma;

- Cartas de Controle.

A **Folha de verificação** consiste na determinação da frequência em que se dá determinado erro. De acordo com diferentes critérios (turno, hora do dia, altura do processo, entre outras) as ocorrências de erro são organizadas de forma a compreender quais os fatores para ocorrer. O que os momentos em que o erro se dá têm em comum podem ser indicativos de determinadas circunstâncias associadas ao mesmo, daí a importância de organizar esta informação (Sokovic, Krivokapic, & Vujovic, 2009).

Tabela 6.2 - Exemplo de uma folha de verificação.

	Turno	Segunda-Feira	Terça-Feira	Quarta-Feira	Quinta-Feira	Sexta-Feira
Erro 1	Manhã	I	II		II	
	Tarde					
	Noite	III	II	III	IIII	II

No exemplo pratico utilizado na ação de formação, representado na Tabela 6.2, é determinada a frequência com que se dá determinado “Erro 1”, de segunda-feira a sexta-feira, ao longo dos diferentes turnos.

Ao questionar os diferentes grupos nas ações de formação, algo se tornou evidente, independentemente do que seja o “Erro 1”, é que este não ocorre de tarde, por vezes ocorre de manhã, e ocorre de forma repetida durante o turno da noite.

A interpretação destes dados fornece uma conclusão, ou seja, a ocorrência deste erro é acompanhada de um determinado fator que ocorre tanto de manhã como à noite, mas que se intensifica no turno da noite. Desconhecida a natureza do erro, é possível apenas postular hipóteses, este fator é a temperatura? É a luminosidade? Existe durante a tarde algum recurso que durante a noite e parte da manhã não existe?

Caso fosse conhecido o “Erro 1” seria possível averiguar a causa do mesmo, ou, pelo menos, reduzir o número de causas possíveis!

Seguindo para o **Histograma**, este é utilizado para representar a dispersão de dados, de forma a compreender o quão representativo é cada intervalo de dados e a forma como os mesmos se distribuem (Sokovic, Krivokapic, & Vujovic, 2009).

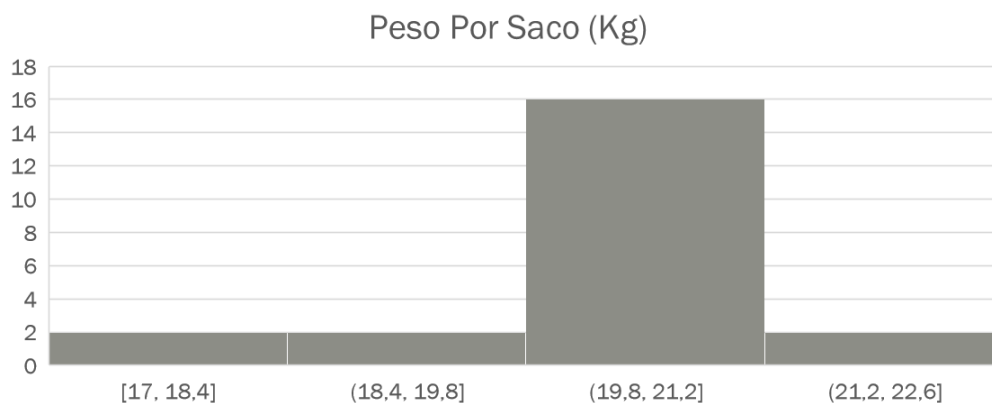


Figura 37 - Exemplo de um Histograma.

No caso Figura 37, apresenta-se um exemplo de um caso hipotético, onde se encontram separados em 4 intervalos o peso de sacos em determinado processo, sendo o ideal o seu peso rondar os 20 kilos. Apesar da maioria se encontrar dentro do desejado, ainda existem 4 sacos abaixo do desejado, num tamanho de amostra relativamente pequeno.

Em termos de distribuição, trata-se de uma distribuição normal, ou seja, a maioria dos dados encontra-se num intervalo central, e depois há uma dispersão quase que uniforme à medida que os intervalos se afastam desse intervalo, no caso, os 20 kilos. No entanto, por exemplo, poderiam existir dois picos no gráfico, um no intervalo [17;18,4] e outro no intervalo [19,8;21,2]. Se esse fosse o caso, existiria algum problema no enchimento dos sacos, pois o objetivo deveria centrar-se nos 20 kilos, sendo o esperado a distribuição centrar-se à sua volta de forma uniforme e com desvio relativamente pequeno.

Dentro dos Histogramas, existe o **Diagrama de Pareto**, sendo que este diagrama tem um uso específico: compreender a importância relativa dos intervalos, ao invés de focar na sua distribuição (Sokovic, Krivokapic, & Vujovic, 2009).

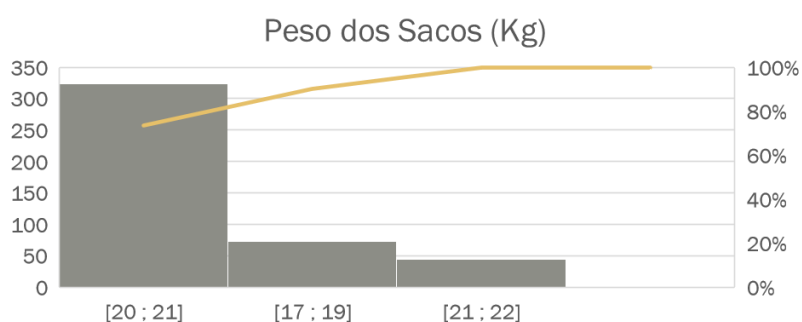


Figura 38 - Exemplo prático de um Diagrama de Pareto.

Utilizando um exemplo análogo, na Figura 38 distribuição dos dados é impercetível, sendo que estes se encontram organizados por ordem de relevância, ou seja, os intervalos com maiores números encontram-se do lado esquerdo e à medida que o gráfico progride para o lado direito são apresentados intervalos consecutivamente mais pequenos.

No Diagrama de Pareto existe um eixo do lado direito, acompanhado pela linha amarela representada ao longo do gráfico, que representa a percentagem total dos dados acumulada. No primeiro intervalo é visível que este possui uma importância relativa que ronda os 80%, sendo que o segundo ponto da linha amarela representa a importância relativa dos intervalos 1 e 2, com um valor perto de 90%.

Neste diagrama é perceptível que perto de 20% dos sacos tem um peso desviado do ideal, sendo que a dispersão não é perceptível e não é possível distinguir à primeira vista que percentagem coincide ao intervalo [17;19] ou [21;22], sendo o segundo caso de desvio menos grave que o primeiro.

Em contraste com estes métodos mais “numéricos” entra o **Diagrama de Ishikawa**, ou mais comumente chamado do Diagrama da Espinha de Peixe, por se assemelhar a uma, tem a principal função de determinar a causa raiz de problemas. Por norma, o problema encontra-se representado do lado direito, no campo denominado “Efeito” e do lado esquerdo encontram-se as causas raiz, no campo denominado “Causa”, sendo que estas são classificadas em categorias comuns como: Equipamento, Processo, Pessoas, Materiais, Ambiente e Gestão. No entanto, estas categorias podem e devem ser ajustadas consoante a natureza da empresa em questão (Pinho, 2023).

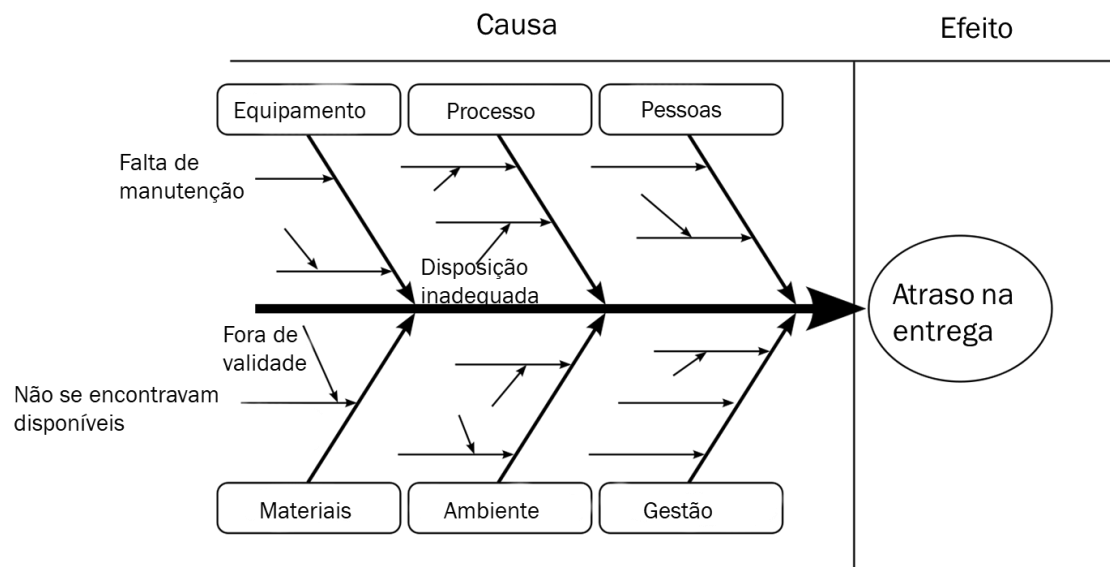


Figura 39 - Exemplo prático de aplicação de um Diagrama de Espinha de Peixe (Adaptado (PNG EGG, 2023)).

Na Figura 39, encontra-se representada a análise do problema “Atraso na Entrega”, e, dentro das categorias possíveis, procurou-se apurar as causas. É possível, no campo do “Processo” pode dar-se uma disposição inadequada de equipamentos, que cria movimentações desnecessárias que resultam em atrasos de produção. No campo do “Equipamento” pode dar-se uma simples falta de manutenção, que resulta numa interrupção do processo, e, por consequente, no seu atraso.

Dentro das causas, é possível a existência de causas primárias e secundárias, como no caso do campo “Materiais”, no qual, em primeira instância, se considera que estes não se encontravam disponíveis, no entanto, após análise mais próxima, é conclusivo que existiam materiais, mas estes estavam fora de validade. Neste caso, a solução para o problema seria consideravelmente diferente.

Para a compreensão de correlações entre duas variáveis (positivas ou negativas) é usual a utilização de um **Diagrama de Dispersão**. No eixo do x são colocados os valores relativos à variável independente (ou seja, a variável sobre a qual existe algum nível de controlo direto) e no eixo do y são colocados os valores relativos à variável dependente (a variável sobre a qual não existe controlo direto), sendo possível estabelecer relações de causalidade através da interpretação crítica do gráfico.

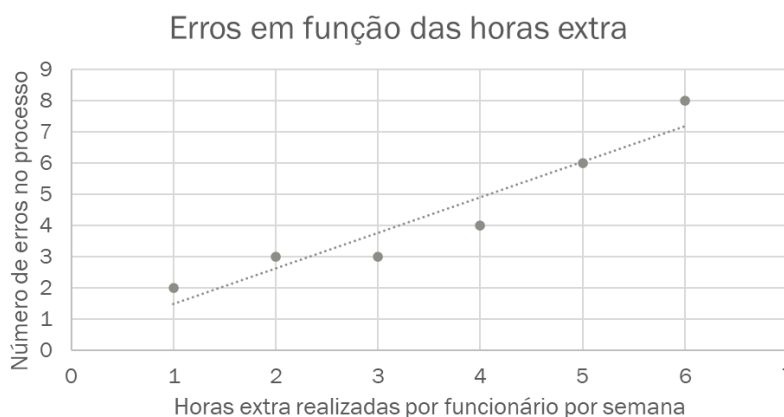


Figura 40 -Exemplo da utilização de um Diagrama de Dispersão.

No exemplo dado, representado na Figura 40, existe uma correlação positiva entre as horas extras realizadas por funcionário por semana (a variável independente) e o número de erros no processo (a variável dependente). Esta correlação indica que, devido ao elevado número de horas de trabalho existe uma maior incidência de erros no processo produtivo, sendo que a solução para reduzir a incidência de erros passaria por uma redução das horas extra realizadas pelos funcionários.

Uma forma de isolar problemas em determinadas instâncias do processo é o uso do **Fluxograma**. Ao dividir determinado procedimento em etapas é possível compreender em que instância se dão os erros, facilitando o processo de deteção de causa raiz do problema, e, por consequente, de resolução do problema.

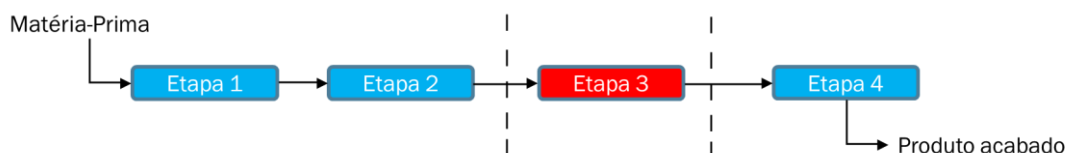


Figura 41 - Exemplo de utilização de um Fluxograma.

No exemplo dado na Figura 41, a matéria-prima percorre 4 etapas até se tornar um produto acabado. Se os erros surgem apenas na etapa 3 é necessário isolar esta etapa e tentar compreender o porquê de tal se dar. É de frisar que, determinado problema pode surgir na etapa 3, mas como consequência de algo que se dá, por exemplo, na etapa 2. Daí a importância de isolar a etapa 3 e analisar criticamente a mesma. (Sokovic, Krivokapic, & Vujovic, 2009)

Finalmente, para o controlo da variação da qualidade do processo é utilizada uma **Carta de Controlo**. Na utilização desta ferramenta são criados limites superiores e inferiores de valores numéricos associados ao processo, sendo que através destes limites e do registo sistemático de dados é possível compreender o desempenho do processo (Sokovic, Krivokapic, & Vujovic, 2009).

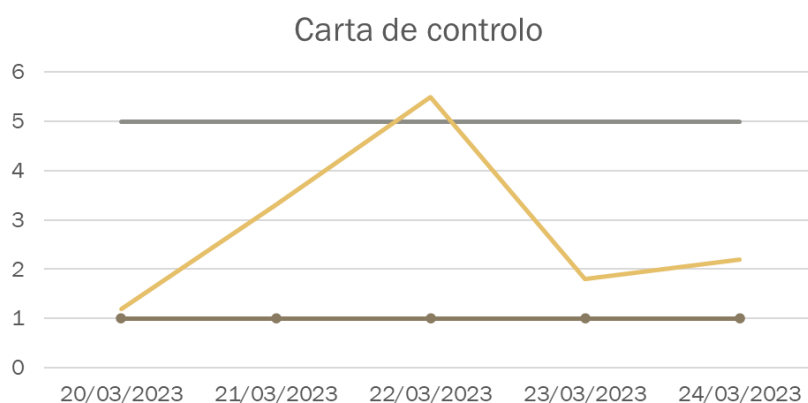


Figura 42 -Exemplo da utilização de uma Carta de Controlo.

No exemplo dado na Figura 42, encontra-se representada uma grandeza cujo seu limite superior é 5 e inferior é 1, sendo esta registada uma vez ao dia. No eixo dos x temos os vários dias em que se deu o registo desta grandeza, sendo visível que no dia 22/03/2023 se deu um claro desvio dos limites estabelecidos. Quando encontrados desvios deste género, deve-se procurar compreender se existe algum tipo de padrão na ocorrência dos mesmos, seja compreender se se dão sempre em função do limite superior, como representado, ou se a forma como os valores evolui é constante, no caso, sempre que o limite superior é quebrado, os dias anteriores poderiam mostrar uma progressão quase linear como representado do dia 20 ao dia 22.

Estes foram os exemplos dados na ação de formação, assim como o contexto histórico e o surgimento da metodologia *Lean* foram diretamente derivados deste trabalho, tendo sido dada formação suplementar através de vídeos didáticos sobre as várias temáticas (*Lean*, Método A3, Ferramentas) e claro tendo sido aberta uma via de diálogo com vista a dinamizar tanto a resolução de problemas como o ambiente de trabalho em si.

6.3 Aplicação do Método A3

Após terem sido administradas as formações, foram colocados quatro quadros com a folha de resolução A3 numa área comum da empresa, onde todos os trabalhadores têm acesso.

Este local foi escolhido em função da frequência de passagem de todos os envolvidos nas atividades da empresa, bem como a gestão de topo. Assim, a resolução de problemas é mais visível, interativa e dinâmica.

Inicialmente, por questões de conveniência, as equipas formadas consistiram nos diferentes turnos da produção, de forma a incentivar a discussão dentro dos próprios turnos. Dado a informação se encontrar exposta em quadros, é promovida a comunicação entre os próprios turnos.

O trabalho por turnos coloca desafios adicionais na comunicação entre todos os trabalhadores da própria produção e entre os diferentes departamentos. Numa primeira etapa seria ideal este método representar uma ponte entre as diferentes partes da empresa de forma a estas se compreenderem e comunicarem entre si os problemas que cada um enfrenta no seu dia-a-dia.

6.3.1 A implementação da mudança em ambiente industrial

Apesar da mudança ser apelativa, esta é sempre confrontada com resistência. Esta resistência deve-se muitas vezes à inércia e ao ceticismo.

Torna-se, portanto, um desafio fomentar a mudança num ambiente industrial. Quando confrontados com as formações, as principais preocupações dos trabalhadores foram as seguintes:

- Problemas estruturais: Uma parte significativa dos trabalhadores via os problemas da empresa como estruturais, acreditando que as mudanças mais significativas e necessárias estavam fora das suas mãos;
- Falta de verba: A ideia de que, para a implementação de melhorias, são necessários sempre grandes projetos que envolvem elevados investimentos, não associando que muitos dos projetos de melhoria não necessitam obrigatoriamente de envolver elevados investimentos financeiros;

- Falta de participação: Existia um receio generalizado que a participação nos projetos de melhoria não fosse suficiente para esta cultura perdurar na Eurochemicals.

Apesar destas reservas, a grande maioria dos trabalhadores da empresa mostrou-se recetivo à mudança, procurando tomar parte ativa.

Existiram, no entanto, algumas dificuldades por parte dos trabalhadores na sua participação:

- Projetos demasiado ambiciosos: Ao pedir sugestões de melhoria, o primeiro instinto dos trabalhadores será sempre o que é mais visível. Por norma, os problemas mais visíveis são os mais complexos de resolver. Assim sendo, a mudança aparenta inalcançável;
- Problemas de abordagem: Mesmo quando confrontados com problemas mais pequenos, tornava-se difícil para os trabalhadores compreender como abordar o problema e aplicar o método, mesmo com acompanhamento;
- Ideias pré-concebidas: Alguns dos projetos de melhoria derivam de questões sobre as quais os trabalhadores já pensaram. Existiam sugestões de mudança antes dos problemas serem analisados devidamente. Existe, portanto, a tendência natural de afunilar as análises para soluções já pré-concebidas, ao invés da aplicação do método científico.

O surgimento destes problemas é mais do que natural no processo de aprendizagem. A implementação de mudança exige esforço e paciência de todas as partes de modo a funcionar. Deste modo, a implementação da melhoria contínua deve sempre ser realizada a longo prazo, mantendo em mente as seguintes considerações:

- Progressividade: Os projetos iniciais devem ser de resolução e implementação rápida de forma ao método ser assimilado e a sua eficácia comprovada (*quick wins*). Procura-se que os trabalhadores tomem a resolução dos seus problemas pelas suas mãos, mas deve existir um certo cuidado em dar a entender a importância da assimilação e prática do método de uma forma progressiva;
- Acompanhamento: Confrontar trabalhadores com um método novo e desconhecido é, naturalmente, uma surpresa. Para contornar os problemas de abordagem é necessário acompanhar os trabalhadores, ter reuniões frequentes e discutir ideias;

- Comunicação: A implementação da mudança é dinâmica e, como tal, não devem existir barreiras. Quanto mais facilitada for a comunicação entre os trabalhadores das diferentes partes da empresa, e quanto mais acessíveis forem as pessoas, mais fácil se torna o diálogo e a colaboração. Procurar as pessoas no seu local de trabalho e mostrar interesse na sua participação e ideias estimula o processo de mudança.

6.3.2 Projeto 1

O projeto em estado mais avançado é intitulado de “Variação dos pesos dos sacos/paletes durante o processo de embalagem”. Este projeto foi desenvolvido pelo turno A.

Contextualização

Na última etapa do processo produtivo, os produtos são embalados com recurso a uma doseadora ponderada, um instrumento de pesagem de funcionamento automático que enche sacos com uma massa predeterminada. Este equipamento é sujeito a calibração metrológica e, apesar de validado todos os anos, e as variações entre medições se encontrarem entre os limites legalmente estabelecidos, pretende-se minimizar o desvio entre pesagens.

Este projeto surge após:

- Maior sensibilidade dos clientes para pequenas variações do processo;
- Aumentar o rendimento do processo de embalagem;
- Necessidade do ajuste manual do peso dos sacos por parte dos operadores.

Os objetivos deste projeto consistem em:

- Compreender se a variação do peso dos sacos se dá em alguma altura específica do processo ou, se se dá, ao longo de todo o embalamento;
- Detetar os fatores que causam esta variação;
- Uniformizar o peso dos sacos no processo de embalamento.

Situação atual

Para compreender a situação atual, os trabalhadores pesaram os primeiros cinco sacos de cada paleta, de forma a compreender a variação dos pesos dos sacos atual, de forma a comparar com o peso de saco pretendido.

Estas medições resultaram na Figura 43. Verifica-se uma variação em torno do valor médio que, apesar de se encontrar dentro dos limites aceitáveis, acredita-se que poderá ser melhorado. Como primeiro passo para melhorar o desempenho do processo, deve-se entender as causas indutoras do mesmo.

Não é observada uma variação significativa da média ao longo do processo, sendo a distribuição dos pontos ao longo do processo uniforme.

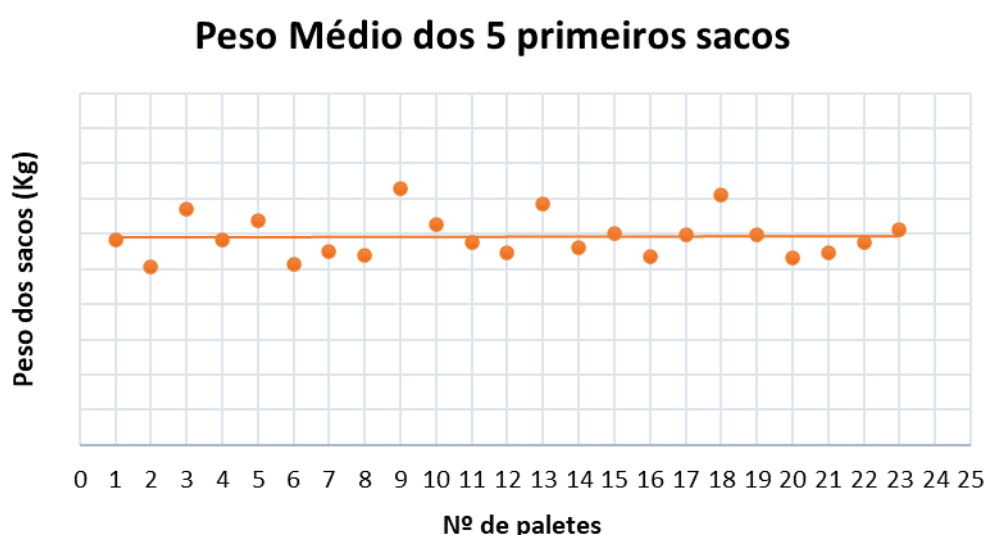


Figura 43 - Variação do peso médio dos sacos de produto ao longo do processo.

Assim sendo, a variação dos pesos dos sacos não aparenta dar-se em nenhum momento em específico do processo em si.

Tal como mencionado anteriormente, alguns destes problemas já tinham sido observados pelos operadores, existindo a ideia pré-existente que o peso dos sacos variava ao longo do processo. Esta ideia pré-concebida era associada à acumulação de pó no equipamento, produzido pelos produtos finais. Esta ideia não se verificou.

O turno A encontra-se nesse momento à procura de formas de compreender e ilustrar a situação atual.

Apenas quando isto suceder se passará para a próxima etapa do projeto, a definição de objetivos.

Conclusões

Através da aplicação do modelo de revisão contínua, é possível aproximar o funcionamento da empresa a um sistema *Pull*. Aplicando este modelo no período de janeiro de 2019 a março de 2023 e aplicando as quantidades económicas de encomendas seria, em teoria, possível poupar 45 000 € comparativamente à realidade. Esta poupança nunca iria corresponder à realidade, tratando-se de um modelo descritivo, no entanto, seria possível poupar na ordem de grandeza das dezenas de milhares de euros.

As quantidades económicas de encomenda obtidas são demasiado altas para serem aplicadas do ponto de vista de logística. Tendo em conta a variação dos preços do transporte, no entanto, foi possível concluir que seria possível reduzir as quantidades compradas. Estas quantidades reduziriam o desperdício em movimentações de pessoas e materiais, assim como os custos da empresa.

A partir destes dados estimaram-se os *stocks* da empresa em caso de necessidades máximas. Comparativamente com os valores estimados pela empresa, os *stocks* de matérias-primas podem ser reduzidos em 29% quando os juros estão baixos e em 37% quando os juros estão altos. Isto, pois, os custos de posse aumentam com as taxas de juro, resultando numa menor a quantidade económica de encomenda, logo, menor o *stock* máximo de cada matéria-prima.

Os planos de reestruturação do armazém foram realizados na aplicação *SketchUp*, procurando otimizar diferentes critérios em diferentes cenários. Os critérios utilizados foram Aproveitamento, Financiamento e Funcionalidade. A nível global destacou-se o cenário 4, com uma capacidade total de 300 paletes, incluindo 4 estantes, e uma mediana de tamanho de fila de 8 paletes, exigindo 10% mais investimento.

Quando transposto à realidade, o Cenário 4 possui a capacidade de 308 paletes, com mais uma estante, correspondendo aproximadamente ao modelo teórico. É possível, neste cenário, satisfazer as necessidades da empresa, cumprindo requisitos de segurança e com alta funcionalidade, diminuindo o nível de desperdício, relativamente ao passado.

As ações de formação permitiram uma melhor compreensão das dificuldades da implementação da mudança num ambiente industrial. Estas formações foram o pontapé de arranque para a implementação do método A3 na Eurochemicals, existindo projetos num processo de desenvolvimento.

Bibliografia

- (15 de 03 de 2023). Obtido de PNG EGG: <https://www.pngegg.com/pt/png-kwtzxh>
- Carvalho, J. C. (2004). *Logística*. Lisboa: Sílabo.
- David Simchi-Levi, P. K.-L. (1999). Designing and Managing the Supply Chain. Em P. K.-L. David Simchi-Levi, *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Cases* (pp. 51-56). Estados Unidos da América: McGraw Hill.
- Drohomeretski, E., Costa, S. E., Garbuio, P. A., & Lima, E. P. (Fevereiro de 2014). Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: an analysis based on operations strategy. *Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: an analysis based on operations strategy*, pp. 809-811.
- FERREIRA, C. R. (11 de 2018). INTEGRAÇÃO DAS LEAN TOOLS NO DMAIC. *INTEGRAÇÃO DAS LEAN TOOLS NO DMAIC*, pp. 43-55.
- Galvão, W. (17 de Maio de 2023). *Intervalo de Confiança*. Obtido de LinkedIn: <https://pt.linkedin.com/pulse/intervalo-de-confiança-walxiney-galvão>
- James P. Womack, D. T. (1990). *The Machine that changed the World*. Simon & Schuster.
- James P. Womack, D. T. (2003). *Lean Thinking*. Free Press.
- Koch, R. (2004). The 80/20 Principle. Em R. Koch, *The 80/20 Principle: The Secret of Achieving More With Less* (pp. 1-6). London: Crown Business.
- Nigel Slack, S. C. (2007). Operations Management. Em S. C. Nigel Slack, *Operations Management* (pp. 373 - 391). Inglaterra: Prentice Hall.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System*. Tóquio, Japão: Productivity Press.
- Pinho, L. (15 de 03 de 2023). *Metodologias de Gestão - Diagrama de Ishikawa: o que é e como fazer*. Obtido de Siteware: <https://www.siteware.com.br/metodologias/diagrama-de-ishikawa/>
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean*. Lisboa: LIDEL.
- Resipinus. (21 de 10 de 2022). *Colofónia*. Obtido de Resipinus: <http://www.resipinus.pt/resinagem/colofonia/>
- Resipinus. (Visitado ultima vez em 21 de 10 de 2022). *Resina&Resinagem*. Obtido de Resipinus: <https://www.resipinus.pt/resinagem/resina/>
- Shook, J. (2008). *Managing to Learn*. Cambridge: The Lean Enterprise Institute.

Sokovic, M., Krivokapic, Z., & Vujovic, J. Š. (05 de 2009). Basic Quality Tools in Continuous Improvement Process. *Basic Quality Tools in Continuous Improvement Process*, pp. 1-5.

Triami Media. (15 de maio de 2023). *Euribor rates.eu*. Obtido de <https://www.euribor-rates.eu/pt/>

A. Anexos

A.1 Análise de Stocks

Custos de emissão de encomenda

Dependendo da origem da matéria-prima, os custos associados ao seu transporte variam.

Na Tabela A 1 encontram-se os valores utilizados como referência para transporte em camião completo de matérias-primas de acordo com o país de origem.

Tabela A 1 - Preçário de camiões/cisternas de acordo com a sua origem geográfica.

Origem	Nacional	Ibérico	Mundial
Custo de transporte (€)	720	1400	2500

Nos casos de transporte de carga fracionada (serviço de grupagem, isto é, transporte contratado à palete, em detrimento de camião completo), encontram-se na Tabela A 2 os valores referentes às diferentes quantidades a encomendar. Uma paleta equivale a aproximadamente uma tonelada, sendo a capacidade máxima de um camião 24 toneladas

Tabela A 2 - Preçário do custo de transporte de diferentes quantidades de matéria-prima Nacional e Ibérica.

Paleta	Preço (€)		Paleta	Preço (€)	
	Ibérico	Nacional		Ibérico	Nacional
1	170	35	13	1400	390
2	320	70	14	1400	420
3	450	105	15	1400	450
4	600	140	16	1400	480
5	750	175	17	1400	510
6	900	180	18	1400	540
7	1050	210	19	1400	570
8	1200	240	20	1400	600
9	1350	270	21	1400	630
10	1400	300	22	1400	660
11	1400	330	23	1400	690
12	1400	360	24	1400	720

Custos de posse unitário

Para determinar as taxas de juro aplicáveis, considerando a taxa de juro de 1,5% e as taxas de juro Euribor, recorreu-se à Equação 8.

$$\text{Taxa de Juro} = \text{Taxa de Juro considerada} + \text{Taxa de Juro Euribor (Equação 8)}$$

Se em 2019 a taxa de juro Euribor foi de -0,12% (Tabela 4.1) obtém-se:

$$\text{Taxa de Juro} = 1,5\% + -0,12\% = 1,38\%$$

Na Tabela A3 encontram-se os valores de juro utilizados para efeito de cálculo para os anos do período considerado.

Tabela A 3 - Taxas de juro utilizadas no período entre 2019 e 2023.

Ano	Taxa de Juros Anual (%)
2019	1,38%
2020	1,25%
2021	1,00%
2022	1,00%
2023	4,82%

Para efeitos de confidencialidade, os valores nominais de stocks não serão revelados, bem como a identificação das matérias-primas, por essa razão, ao longo do documento os nomes foram codificados. Para exemplo de cálculo, utilizou-se a MP-01. Os cálculos apresentados foram replicados para todas as matérias-primas em estudo.

Para o cálculo das quantidades económicas de encomenda é necessário o custo de posse unitário. Para a MP-01, em 2019, o seu custo de aquisição unitário é de 1,5€/kg. Assim sendo, o seu custo de posse unitário é calculado pela Equação 2.

$$\text{Custo de posse unitário} = 1,5 \cdot \frac{1,38\%}{12} = 0,00167 \frac{\text{€}}{\text{mês.unidade}}$$

Procura Média, Ponto de Encomenda e Quantidade Económica de Encomenda

A procura média foi determinada a partir das variações de stock reais da empresa, correspondendo a 20152 kg/mês no ano de 2019. Encontrando-se representada na Tabela A 4 os valores referentes aos anos seguintes.

Tabela A 4 - Procura mensal média da MP-01 no período de 2019 a 2023.

	Ano	Procura Mensal Média (Kg)
MP-01	2019	20152
	2020	15558
	2021	14975
	2022	10092
	2023	12807

Como a MP-01 por norma era comprada em grandes volumes, devido a elevada procura, o custo de emissão de encomenda registado era de 1400€.

Reunidos os dados, a Quantidade Económica de encomenda é dada pela Equação 3.

$$QEE = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot D}{C2}} \Leftrightarrow QEE = \sqrt{\frac{2 \cdot 1400 \cdot 20152}{0,00167}} \Leftrightarrow QEE = 183586 \text{ kg}$$

Assim sendo, foram obtidas as quantidades económicas de encomenda para a MP-01 no período de 2019 a 2023, representadas na Tabela A 5.

Tabela A 5 - Quantidades Económicas de Encomenda relativas à MP-01 para os diferentes anos.

	Ano	Quantidade Económica de Encomenda (kg)
MP-01	2019	183585
	2020	179216
	2021	172325
	2022	124426
	2023	60023

Como mencionado na secção 4.5.1, estes valores são demasiado elevados, sendo que esta fórmula assume que não existe nenhum limite na quantidade encomendada. Utilizou-se como QEE das matérias-primas com estes resultados a quantidade de 24 toneladas. Nas outras foram utilizados os resultados obtidos, sendo o cálculo exatamente o mesmo.

Para a determinação do Stock de Segurança, foi considerado um nível de serviço de 95% para todas as matérias-primas, correspondendo a um z de 1,65. No caso da MP-01 o seu tempo de aprovisionamento (ou *Lead Time*) é de 14 dias, ou 0,47 meses. O desvio dos valores de procura mensal é conhecido, correspondendo a 8464 kg no ano de 2019.

Com os dados referidos, recorrendo à Equação 5, obteve-se o stock de segurança.

$$SS = \sigma \cdot \sqrt{LT} \cdot z \Leftrightarrow SS = 8464 \cdot \sqrt{0,47} \cdot 1,65 \Leftrightarrow SS = 9541 \text{ kg}$$

Na Tabela A 6 encontram-se os valores referentes aos Stocks de Segurança da MP-01 nos anos considerados.

Tabela A 6 - Stock de Segurança relativo ao período de 2019 a 2023 para a MP-01.

	Ano	Stock de Segurança (kg)
MP-01	2019	9541
	2020	5057
	2021	6424
	2022	5491
	2023	2157

Recorrendo aos dados referentes à procura e ao tempo de aprovisionamento previamente estabelecidos é possível a determinação do Ponto de Encomenda para a MP-01 no ano de 2019 através da Equação 4.

$$PE = SS + LT \cdot D \Leftrightarrow PE = 9541 + 0,47 \cdot 20152 = 18945 \text{ kg}$$

Na Tabela A 7 encontram-se os valores referentes aos Pontos de Encomenda da MP-01 nos anos considerados.

Tabela A 7 - Ponto de Encomenda referentes ao período de 2019 a 2023 para a MP-01.

	Ano	Ponto de Encomenda (kg)
MP-01	2019	18945
	2020	12317
	2021	13412
	2022	10200
	2023	8134

Curva de compras teórica

Para a aplicação do modelo de revisão contínua considerou-se o *stock* inicial real da matéria-prima em questão, subtraindo a cada mês, a procura média mensal da matéria-prima em questão.

Quando o Ponto de Encomenda da matéria-prima em questão é atingido, é considerada a emissão de uma encomenda, que seria somada ao *stock* total em posse por parte da empresa passado o tempo de aprovisionamento (*lead time*).

Apesar de ser possível aplicar este modelo ao dia, optou-se, para efeito de cálculo, por contabilizar o *stock* no final de cada mês.

Encontra-se na Tabela A 8 as encomendas relativas ao modelo teórico realizadas em 2019.

Tabela A 8 - Modelo teórico relativo à MP-01 em 2019.

Ano	2019		
Data	Stock (kg)	Chegada (kg)	Custo de Emissão de Encomenda
31/01/2019	63863		0
28/02/2019	43711		0
31/03/2019	23559	24000	1400
30/04/2019	27407	24000	1400
31/05/2019	31255		0
30/06/2019	11103	24000	1400
31/07/2019	14950	24000	1400
31/08/2019	18798	24000	1400
30/09/2019	22646	24000	1400
31/10/2019	26494	24000	1400
30/11/2019	30342	24000	1400
31/12/2019	34190		0

Exemplo de Encomenda:

Stock no final de março = 23559 kg > 18945 kg (PE)

Stock no final de abril = 23559 – 20152 kg = 3407 kg < 18945 kg (PE)

Logo, o ponto de encomenda é atingido no início de abril, sendo necessário efetuar uma encomenda que entra no *stock* total no final de abril. Assim sendo:

Stock no final de abril = 23559 kg – 20152 kg + 24000 = 27407 kg > 18945 kg (PE)

$Stock \text{ no final de maio} = 27407 \text{ kg} - 20152 \text{ kg} = 7255 \text{ kg} < 18945 \text{ kg (PE)}$

Logo, o ponto de encomenda é atingido a meio de maio, sendo necessário efetuar uma encomenda que entra no *stock* total no final de maio. Assim sendo:

$Stock \text{ no final de maio} = 27407 \text{ kg} - 20152 \text{ kg} + 24000 = 31255 > 18945 \text{ kg (PE)}$

Esta foi a lógica aplicada para todas as matérias-primas de forma a elaborar as figuras que representam as curvas teóricas de encomenda.

Custo Total

Para calcular o custo total teórico tendo em conta as variações do custo de emissão de encomenda, recorreu-se às Equações 1 e 2.

A Equação 1 corresponde ao cálculo do custo de encomenda. Tendo MP-01 no ano de 2019 como um exemplo, considerando o custo de emissão de encomenda (A) de 1400 €, com a procura média mensal de 20152 kg/mês e com a quantidade económica de encomenda de 24000 kg tem-se:

$$CE = A \cdot \frac{D}{Q} \Leftrightarrow CE = 1400 \cdot \frac{20152}{24000} = 1\,175,54 \text{ €/mês}$$

A Equação 2 corresponde ao cálculo do custo de posse. Tendo MP-01 no ano de 2019 como um exemplo, considerando o custo de posse unitário 0,00167 €/ (unidade. mês) e a quantidade económica de encomenda como 24000 kg.

$$CP = C2 \cdot \frac{Q}{2} \Leftrightarrow CP = 0,00167 \cdot \frac{24000}{2} = 20,04 \text{ €/mês}$$

O custo total mensal seria representado pela Equação 3.

$$CT = CP + CE = 1\,175,54 + 20,04 = 1195,63 \text{ €/mês}$$

Encontram-se na Tabela A 9 os valores dos diferentes custos para diferentes custos de emissão de encomenda, para a MP-01 no ano de 2019(dados utilizados na Figura 17).

Tabela A 9 - Custos associados ao Stock de MP-01 para diferentes custos de emissão de encomenda.

Quantidade (toneladas)	Custo de emissão de encomenda (€)	Custo de Encomenda Mensal (€)	Custo de posse Mensal (€)	Custo total mensal (€)
1	170	3425,85	0,84	3426,69
2	320	3224,33	1,67	3226,01
3	450	3022,81	2,51	3025,32
4	600	3022,81	3,35	3026,16
5	750	3022,81	4,19	3027,00
6	900	3022,81	5,02	3027,84
7	1050	3022,81	5,86	3028,67
8	1200	3022,81	6,70	3029,51
9	1350	3022,81	7,53	3030,35
10	1400	2821,29	8,37	2829,66
11	1400	2564,81	9,21	2574,02
12	1400	2351,08	10,05	2361,12
13	1400	2170,22	10,88	2181,11
14	1400	2015,21	11,72	2026,93
15	1400	1880,86	12,56	1893,42
16	1400	1763,31	13,39	1776,70
17	1400	1659,58	14,23	1673,81
18	1400	1567,38	15,07	1582,45
19	1400	1484,89	15,90	1500,80
20	1400	1410,65	16,74	1427,39
21	1400	1343,47	17,58	1361,05
22	1400	1282,41	18,42	1300,82
23	1400	1226,65	19,25	1245,90
24	1400	1175,54	20,09	1195,63
25	1570	1265,55	20,93	1286,48
26	1720	1333,14	21,76	1354,90
27	1850	1380,79	22,60	1403,39
28	2000	1439,43	23,44	1462,87
29	2150	1494,03	24,28	1518,31
30	2300	1544,99	25,11	1570,11
31	2450	1592,66	25,95	1618,61
32	2600	1637,36	26,79	1664,14
33	2750	1679,34	27,62	1706,96
34	2800	1659,58	28,46	1688,04
35	2800	1612,17	29,30	1641,47
36	2800	1567,38	30,14	1597,52
37	2800	1525,02	30,97	1556,00
38	2800	1484,89	31,81	1516,70

39	2800	1446,82	32,65	1479,46
40	2800	1410,65	33,48	1444,13
41	2800	1376,24	34,32	1410,56
42	2800	1343,47	35,16	1378,63
43	2800	1312,23	36,00	1348,22
44	2800	1282,41	36,83	1319,24
45	2800	1253,91	37,67	1291,58
46	2800	1226,65	38,51	1265,15
47	2800	1200,55	39,34	1239,89
48	2800	1175,54	40,18	1215,72
49	2970	1221,46	41,02	1262,48
50	3120	1257,49	41,85	1299,34
51	3250	1284,20	42,69	1326,89
52	3400	1317,64	43,53	1361,17
53	3550	1349,81	44,37	1394,18

A.2 Dimensionamento

Para conhecer as dimensões do armazém com o mínimo de rigor recorreu-se ao software AutoCAD, no qual já existia uma planta da empresa, encontrando-se representadas na Figura 44 as dimensões de cada parte dos armazéns num esboço elaborado na aplicação *SketchUp*.

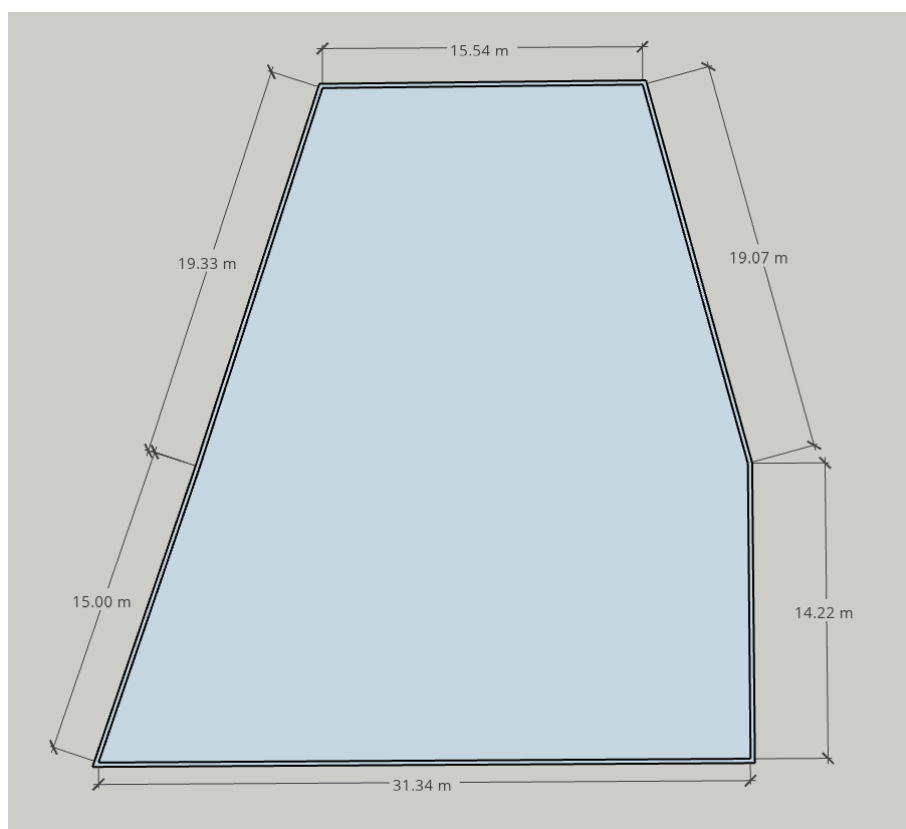


Figura 44 - Representação das dimensões relativas aos armazéns A1 e A2.

Conhecidas as dimensões dos bidões de colofónia, dimensionou-se a plataforma a instalar para alimentação do fundidor tendo em prioridade o critério “número de reposições”. Ou seja, obter uma dimensão de plataforma com dimensão suficiente para garantir um reduzido número de reposições, mas que não fosse espaçosa demais, de forma a otimizar a ocupação de espaço.

Sabendo a produtividade média de cada turno de 8 horas e as dimensões e peso de cada bidão, procurou-se um ótimo de entre duas e quatro reposições por turno.

Tendo também em consideração que os barris estariam deitados, com um diâmetro de 0,6 metros e comprimento de 1,2 metros, contruiu-se a seguinte tabela, procurando a relação ótima entre o número de filas e colunas.

Tabela A 10 - Dimensionamento de plataforma de colofónia sólida.

Colunas	Linhas	Número de Bidões	Largura (m)	Comprimento (m)	Quantidade (kg)	Número de reposições	Área (m ²)
2	6	12	2,4	3,6	3000	4,0	8,6
	7	14	2,4	4,2	3500	3,4	10,1
	8	16	2,4	4,8	4000	3,0	11,5
	9	18	2,4	5,4	4500	2,7	13,0
	10	20	2,4	6	5000	2,4	14,4
	11	22	2,4	6,6	5500	2,2	15,8
	12	24	2,4	7,2	6000	2,0	17,3
3	4	12	3,6	2,4	3000	4,0	8,6
	5	15	3,6	3	3750	3,2	10,8
	6	18	3,6	3,6	4500	2,7	13,0
	7	21	3,6	4,2	5250	2,3	15,1
	8	24	3,6	4,8	6000	2,0	17,3

Decidiu-se utilizar uma plataforma com 11 linhas e 2 colunas, pois possui um número de reposições por turno muito próximo do desejado, com uma relação comprimento/largura que, do ponto de vista prático, é a mais adequada.

No entanto, na realidade, as dimensões desta plataforma possuem mais 1,2 metros de largura de comprimento, de forma a possibilitar a movimentação livre de trabalhadores em cima da mesma, sendo que na prática qualquer modelo de plataforma teria de ser sobredimensionado por esse motivo.

Dado o objetivo ser a plataforma não comprometer a movimentação ao longo do espaço que iria ocupar, do ponto de vista prática, priorizou-se um maior comprimento e uma menor largura para o mesmo número de bidões, sendo que no caso da adição deste

espaço para uma plataforma de 3 colunas iria, na prática, comprometer mais espaço do que com uma menor largura e um maior comprimento.

A.3 Análise de Cenários

Para analisar os cenários possíveis da organização do espaço do novo armazém A (junção dos armazéns A1 e A2), de forma a obter as conclusões enunciadas no Capítulo 4.1.6, foi realizada a análise numérica dos cenários 1, 2, 3, 4 e 5. Contaram-se as paletes de cada fila de cada um dos cenários teóricos obtidos na aplicação *SketchUp*. Esta análise encontra-se representada na Tabela A 11.

Tabela A 11 - Valores relativos aos números de paletes por filas nos diferentes cenários considerados.

Fila	Número de Paletes				
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
1	13	6	13	7	13
2	12	9	13	7	13
3	12	10	12	7	12
4	12	10	12	8	12
5	11	10	12	8	12
6	11	10	11	8	11
7	11	10	11	8	11
8	10	10	10	8	10
9	10	10	9	8	9
10	9	10	9	8	9
11	8	10	8	7	8
12	8	10	12	7	12
13	8	10	11	7	11
14	7	10	11	6	11
15	6	10	10	6	10
16	6	10	9	6	9
17	4	16	8	5	8
18	2	14	7	12	7
19	2	12	6	12	6
20	2	12	5	12	5
21	2	12	-	12	3
22	-	11	-	11	3
23	-	11	-	11	3
24	-	10	-	10	3
25	-	9	-	10	3
26	-	8	-	9	3
27	-	7	-	9	-
28	-	6	-	9	-
29	-	5	-	8	-

30	-	5	-	8	-
31	-	-	-	8	-
32	-	-	-	7	-
33	-	-	-	7	-
34	-	-	-	6	-
35	-	-	-	6	-
Média	8	10	10	8	8
Mediana	8	10	11	8	9

A.4 Ocupação do armazém

De forma a ocupar o armazém como elaborado no Capítulo 5, é necessário ter em conta as necessidades de matérias-primas e materiais de embalagem sólidos da empresa. Para referência, foram utilizados os valores relativos à ocupação máxima, ou seja, valores relativos a uma situação de pico de *stock*.

Por motivos de confidencialidade, não se revelam as matérias-primas e materiais de embalagem, optando-se pela codificação, de acordo com as seguintes regras: as matérias-primas são referidas pela sigla “MP” e numeradas como “01”, e os materiais de embalagem são referidos pela sigla “ME” e numeradas como “01”.

Assim, foi obtida a Tabela A 12 referente à ocupação máxima de matéria-prima e de material de embalagem, respetivamente.

Tabela A 12 - Valores relativos à ocupação máxima recomendada.

Matéria-Prima	Paletes (Juros Baixos)	Paletes (Juros Altos)	Material de embalagem	Paletes
MP-01	35	35	ME-01	20
MP-02	5	3	ME-02	15
MP-03	4	4	ME-03	14
MP-04	4	2	ME-04	12
MP-05	4	4	ME-05	4
MP-06	2	2	ME-06	4
MP-07	4	2	ME-07	2
MP-08	1	1	ME-08	2
MP-09	1	1	ME-09	2
MP-10	4	2	ME-10	2
MP-11	1	1	ME-11	2
MP-12	1	1	ME-12	1
MP-13	1	1	ME-13	1
MP-14	1	1	ME-14	1
MP-15	1	1	ME-15	1
Total	69	61	ME-16	1
			ME-17	1
			ME-18	1
			ME-19	1
			ME-20	1
			Total	88

Arbitrou-se que matérias-primas e materiais de embalagem com necessidades superiores a cinco paletes em capacidade máxima seriam denominadas de “materiais de elevado consumo”. Em contraste, todos os materiais cujas necessidades são iguais ou inferiores a cinco paletes em capacidade máxima foram considerados “materiais de baixo consumo”.

Considerando o critério acima descrito, é de notar que a maioria dos materiais listados seriam considerados de baixo consumo.

É de notar que alguns dos materiais considerados de baixo consumo, com indicação da ocupação de apenas 1 paleta, na realidade, não necessitam de uma paleta inteira, ou seja, o seu consumo é inferior ao do peso ocupado normalmente de uma paleta que corresponde a aproximadamente a uma tonelada. Mesmo sendo consumidos em quantidades inferiores, estes, por norma, terão mesmo assim reservado o espaço de uma paleta, ainda que a sua massa seja significativamente inferior.