



DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO DE SISTEMAS
Mestrado em Engenharia de Sistemas
Logística

Universidade do Minho
Departamento Produção e Sistemas

MedyCare

Operador Logístico de dispositivos médicos



Célia
a67637



Figueiredo
Carolina
pg38335



Silva
Márcia Costa
a67672



Luis Pedro Freitas
pg38347

Docente: José Telhada

Braga, 31 de Janeiro de 2019

Conteúdo

1	Introdução	4
2	Descrição geral do projeto	5
2.1	Operador Logístico de dispositivos médicos	5
3	Parte I	7
3.1	Determinação do local para construção do COL	7
3.2	Alteração do local de abastecimento e as implicações na localização do COL	8
3.3	Metodologia que permitirá optar pelo melhor local	9
4	Parte II	10
4.1	Determinação do stock máximo do COL	10
4.2	Alternativa de abastecimento e impacto no stock máximo	10
5	Parte III	12
5.1	Análise ABC segundo o critério do volume de vendas	12
5.2	Análise ABC segundo o critério da utilização (valor monetário das vendas)	13
5.3	Análise ABC segundo o critério da rotação (agregada por categoria)	13
6	Parte IV	15
6.1	Definição do <i>layout</i> do armazém	15
6.1.1	Minimização do número de movimentos totais (entrada e saída)	15
6.1.2	Minimização dos movimentos de saída (<i>picking</i>)	16
6.2	Comparação de estratégias de <i>picking</i>	16
6.2.1	Método <i>S-Shape</i>	16
6.2.2	<i>Midpoint Method</i>	16
6.2.3	Análise de resultados	16
6.3	Estimativa dos custos anuais de operação de armazém	17
7	Parte V	18
7.1	Custos totais	19
8	Conclusões	20

Lista de Figuras

3.1	Mapa com as possíveis localizações do COL	8
3.2	Modelo dos 'Scores'	9
4.1	Formulas utilizadas no cálculo do nível de encomenda	10
4.2	Tabela para a determinação do stock máximo com a política nível de encomenda	10
4.3	Fórmulas alteradas no nível de encomenda	11
4.4	Tabela para a determinação do stock máximo com a política ciclo de encomenda	11
5.1	Gráfico - Análise ABC (Volume de Vendas)	13
5.2	Gráfico - Análise ABC (Valor Monetário das Vendas)	13
5.3	Gráfico - Análise ABC (rotação agregada por categoria)	14
6.1	Layout do armazém tendo em conta os movimentos totais	15
6.2	Layout do armazém tendo em conta os movimentos de saída	16
6.3	Dimensões do armazém	17
7.1	Horário de funcionamento de cada cliente e respetiva quantidade a ser entregue	18
7.2	Rotas definidas	19
7.3	Custos totais das rotas	19

Lista de Tabelas

2.1	Fornecedores	5
2.2	Clientes e Procuras	6
3.1	Resultados das diversas iterações	7
3.2	Resultados das diversas iterações	8
5.1	Análise ABC	12
5.2	Análise ABC	13
5.3	Análise ABC segundo critério da taxa de rotação	14
6.1	Tempo de trabalho do empilhador segundo cada método	17
6.2	Custos de operação de armazém	17

1. Introdução

Os armazéns são espaços físicos onde se depositam matérias-primas, produtos semiacabados ou acabados à espera de serem transferidos ao seguinte ciclo da cadeia de distribuição. São importantes como reguladores do fluxo de mercadorias entre a disponibilidade (oferta) e a necessidade (procura) dos fabricantes, comerciantes e consumidores. É neste espaço que existe a recepção da mercadoria (matéria-prima, produtos semiacabados ou acabados) e também é da sua responsabilidade a sua arrumação, conservação, realização da função *picking* e expedição.

Relativamente à noção de gestão de armazém, esta está diretamente relacionada com o processo de transferência de produtos para os clientes finais, e tem em conta aspectos como a mão-de-obra, o espaço, as condições do armazém e fundamentalmente um local onde se maximiza o espaço de armazenagem.

A gestão de Armazém é um dos pilares da Logística, devido ao facto de reunir conceitos como a imprevisibilidade da procura, a dificuldade em manter níveis de serviço desejáveis e a evolução tecnológica permanente. É considerado um processo complexo que se inicia desde o primeiro momento em que é formulada a ideia de construir um armazém para dar suporte a um negócio.

Os armazéns são uma componente essencial de qualquer cadeia de abastecimento e desempenham um papel vital no sucesso, ou falência, de todos os intervenientes do negócio. A abordagem ao projeto prático será implementada com o intuito de descrever cada uma das cinco partes do enunciado.

Na parte I a administração da *MedyCare* teve como tarefa determinar o local para construir o futuro armazém, recorrendo ao Método de Centro de Gravidade.

No seguimento da primeira parte, seguiu-se uma parte II onde o principal desafio passa pela definição da política de gestão de inventário a aplicar, permitindo também constatar qual a dimensão que o armazém deverá possuir, de modo a que consiga garantir um nível de serviço de 95% para os seus clientes.

Na parte III serão elaboradas três análises ABC, com o objetivo de diferenciar os produtos por classes. Uma análise segundo o critério do volume de vendas, outra segundo o critério da utilização (valor monetário das vendas) e por fim uma análise ABC segundo o critério da rotação (agregada por categoria).

Na parte IV será elaborado um *layout* do armazém consoante os movimentos totais e outro conforme os movimentos de saída. Serão comparadas duas estratégias de *picking* e por fim será realizada uma estimativa dos custos anuais de operação do armazém.

Na última parte serão calculados os custos de operação por ano, os custos médios por entrega e o custo médio por veículo por km com base na implementação de rotas através da heurística das poupanças.

2. Descrição geral do projeto

2.1 Operador Logístico de dispositivos médicos

A *MedyCare* é um operador logístico de produtos da indústria de equipamentos médicos e cirúrgicos que abastece armazénistas distribuidores de unidades de saúde regionais (hospitais, centros de saúde, etc.) da Península Ibérica. Este operador tem como principal função estabelecer o encontro entre as origens dos seus 10 fornecedores europeus com os respetivos destinos dos armazéns de 15 distribuidores localizados em diferentes locais.

O projeto consistiu em proporcionar apoio ao projeto de um novo armazém, a construir no futuro, desde a fase de localização até à sua implementação efetiva e posterior controlo de operação.

A ideia chave de se considerar a hipótese de se construir um novo armazém tem por base as economias de escala, onde os distribuidores clientes deverão passar a aprovisionar num único armazém e, desta forma, partilham os custos da infraestrutura, da gestão de stocks, do *picking*, preparação das encomendas, etc.

O enunciado do projeto enumera a lista total de produtos comercializados pela *MedyCare*. Neste constam cerca de 250, agrupadas em 10 categorias diferentes. Cada categoria de produtos foi adquirida a um fornecedor diferente, conforme mostra a tabela 2.1. Desta mesma lista as principais categorias são suturas, batas, agulhas e cateteres. Cada uma destas categorias inclui largas dezenas de produtos e referências diferentes.

Código do fornecedor	Local do fornecedor	Transporte aréreo	X	Y	Produto	Tempo entrega (dias)	Custo aquisição (cx)	Preço venda (cx)
F1	Aveiro		1	12	toucas	3	8	13
F2	Almeria		15	1,5	luvas	1	9	15
F3	Guimarães		1,5	13,5	agulhas	2	2	LT1
F4	Vitória		13	17,5	seringas	1	4	6
F5	Bruxelas	via Porto	1,5	13,5	cateteres	4	8	17
F6	Leeds	via Porto	1,5	13,5	algália	4	8	12
F7	Porto		3	12,5	abocaths	2	3	LT2
F8	Berlim	via porto	1,5	13,5	batas	4	12	16
F9	Madrid		12	11	suturas	1	2	4
F10	Setubal		1	6	máscaras	3	4	7

Tabela 2.1: Fornecedores

Até ao momento antes do inicio da elaboração do projeto, as encomendas eram transportadas, por ordem da *MedyCare*, diretamente desde os fornecedores até aos distribuidores clientes. Com a reestruturação do sistema de distribuição, os produtos passarão a ser transportados até ao futuro armazém da *MedyCare*, onde serão armazenados e posteriormente transportados e entregues aos distribuidores.

Estas entregas serão realizadas diariamente, respondendo às encomendas dos distribuidores colocadas até às 17:00 do dia anterior. As procura médias previstas, por categoria de produto e por fornecedor, estão indicadas na Tabela 2.2.

Cod Cliente	Local	Coordenadas		Procura diária (caixas) - 52 semanas, 6 dias/semana											TOTAL
		X	Y	toucas	luvas	agulhas	seringas	catheters	algílias	abocaths	batas	suturas	máscaras		
C1	La Coruña	2,5	19,5	86	49	135	79	107	100	59	229	178	58	1080	
C2	Vigo	1,5	16	10	5	21	7	17	20	8	19	23	2	132	
C3	Bragança	5,5	15	11	5	21	11	12	17	9	17	21	2	126	
C4	Braga	2	14	10	4	18	14	14	17	8	27	22	2	136	
C5	Porto	1,5	13,5	80	39	141	76	56	112	64	146	45	32	791	
C6	Coimbra	1,5	10,5	10	4	20	6	12	13	8	26	22	5	126	
C7	Aveiro	1	12	11	5	19	12	14	14	8	20	23	4	130	
C8	Lisboa	0	7	64	24	112	63	74	55	89	30	80	29	620	
C9	Évora	2,5	6	10	6	18	14	16	10	10	34	22	6	146	
C10	Beja	2,5	4,5	11	5	20	7	15	12	10	24	23	7	134	
C11	Setúbal	0,5	6	10	9	18	12	19	13	9	34	22	6	152	
C12	Faro	2,5	2	10	8	19	11	16	14	14	16	20	6	134	
C13	Lagos	1	2,2	9	7	18	11	18	17	9	25	24	4	142	
C14	Salamanca	7	12,5	11	8	18	12	14	13	9	13	24	6	128	
C15	Leão	7,5	17	11	7	17	10	20	17	11	18	23	7	141	
C16	Burgos	11	16	10	6	17	10	21	17	9	5	24	8	127	
C17	Saragoça	18	14,5	11	7	14	11	18	13	11	18	24	6	133	
C18	são Sebastião	15	19	10	7	15	11	14	13	11	19	24	7	131	
C19	Barcelona	24	14	72	30	90	60	76	68	77	120	58	15	666	
C20	Valéncia	19	9	11	7	16	15	28	7	15	29	24	7	159	
C21	Múrcia	17	5	10	8	15	10	19	8	9	31	23	7	140	
C22	Córdoba	9,5	4	11	7	14	11	22	7	11	22	22	6	133	
C23	Madrid	12	11	30	50	41	79	63	28	42	120	60	20	533	
C24	Granada	13	2	10	7	14	9	22	12	11	19	24	8	136	
C25	Málaga	10,5	1	9	6	13	6	15	14	12	15	26	8	124	
C26	Sevilha	7	3	11	9	17	12	21	9	9	24	23	4	139	
C27	Badajoz	5	6,5	11	5	13	11	23	12	14	33	24	5	151	
C28	Oviedo	7	18,5	10	8	15	7	17	18	10	11	22	4	122	
C29	Bilbau	13,5	17,5	9	6	14	6	16	10	14	6	23	5	109	
C30	Andorra	22,5	17,5	11	9	21	10	21	19	8	20	22	6	147	
		TOTAL	590	357	944	613	820	699	588	1170	995	292	7068		
		Desvio Padrão (%)	12%	10%	15%	12%	9%	9%	10%	12%	20%	10%			

Tabela 2.2: Clientes e Procuras

3. Parte I

3.1 Determinação do local para construção do COL

A primeira tarefa foi determinar o local para a construção do futuro armazém, ou seja, o Centro de Operação Logística (COL).

O método utilizado para o estudo de localização de um armazém é o **Método do Centro de gravidade**. Este conceito é baseado no facto de todas as localizações possíveis têm um custo associado.

Neste modelo, procura-se estimar o local de menor custo de transporte para a instalação do armazém, observando o fornecimento de matérias-primas e os mercados consumidores. O objetivo principal destina-se a minimizar o custo total do transporte, considerando mais de um local em que a mercadoria será transportada. A localização da instalação é determinada pelas coordenadas x e y conforme as expressões a seguir.

A função objetivo permite minimizar os custos totais de transporte (a soma dos fluxos w_j multiplicados pelas distâncias d_j):

$$\min C = \sum_{j=1}^N (w_j * d_j)$$

Os valores iniciais das coordenadas serão obtidos pelas seguintes fórmulas:

$$X_0 = \frac{\sum_{j=1}^N (w_j * x_j)}{\sum_{j=1}^N (w_j)} \quad Y_0 = \frac{\sum_{j=1}^N (w_j * y_j)}{\sum_{j=1}^N (w_j)}$$

Para o cálculo da distância euclidiana:

$$di = \sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2}$$

Para o cálculo de um novo ponto:

$$X_i = \frac{\sum_{j=1}^N \frac{(w_j * x_j)}{d_j}}{\sum_{j=1}^N (w_j)} \quad Y_i = \frac{\sum_{j=1}^N \frac{(w_j * y_j)}{d_j}}{\sum_{j=1}^N (w_j)}$$

Os cálculos foram efetuados no *Excel* e os resultados mais relevantes foram transcritos na tabela 3.1. Foram realizadas as iterações necessárias até obter uma taxa de redução até cerca de 1%.

Através dos resultados obtidos pelo método do centro de gravidade na última iteração no qual se obteve o valor para $X_3 = 3,28$ de $Y_3 = 12,8$ com uma percentagem de redução de 1,1%, decidiu-se parar de iterar

Tabela 3.1: Resultados das diversas iterações

Localização	X	Y	Custos(€)	Redução
Localização Inicial	6.166	12.175	102809	-
1 ^a iteração	4.767	12.549	98282,08	4.40%
2 ^a iteração	3.845	12.721	95989,22	2.33%
3 ^a iteração	3.286	12.809	94925,81	1.1%

pois a percentagem de redução entre valores já era suficientemente pequena. Após à chegada a este valor, procurou-se no mapa qual a região que melhor se adquaria para a construção do armazém, tendo-se chegado a uma solução que passaria por construir num concelho do distrito de Viseu ou sul do distrito de Bragança. A localização do armazém poderá ser visualizada na figura 3.1 com a cor verde.

3.2 Alteração do local de abastecimento e as implicações na localização do COL

A alteração efetuada pela nova administração passou por substituir os atuais fornecedores localizados fora da Península Ibérica (Berlim, Bruxelas e Leeds) por um único fornecedor localizado na Turquia. O material será enviado por via marítima para Barcelona e a partir daí segue para o COL. Esta alteração no abastecimento afetará a localização da construção do COL para outra cidade. Foram efetuados os mesmos cálculos realizados em cima mas com a alteração dos locais situados fora da Península Ibérica para Barcelona e as respetivas coordenadas. Os resultados obtidos encontram-se na tabela 3.2 e podemos concluir que o local da nova localização do armazém será entre Madrid e Salamanca como se poderá visualizar na figura 3.1 com a cor vermelha.

Tabela 3.2: Resultados das diversas iterações

Localização	X	Y	Custos(€)	Redução
Localização Inicial	10.446	12.269	135060	-
1 ^a iteração	10.228	12.130	134959	0.074%
2 ^a iteração	10.096	12.120	134929	0.0224%
3 ^a iteração	10.001	12.135	134913	0.0121%

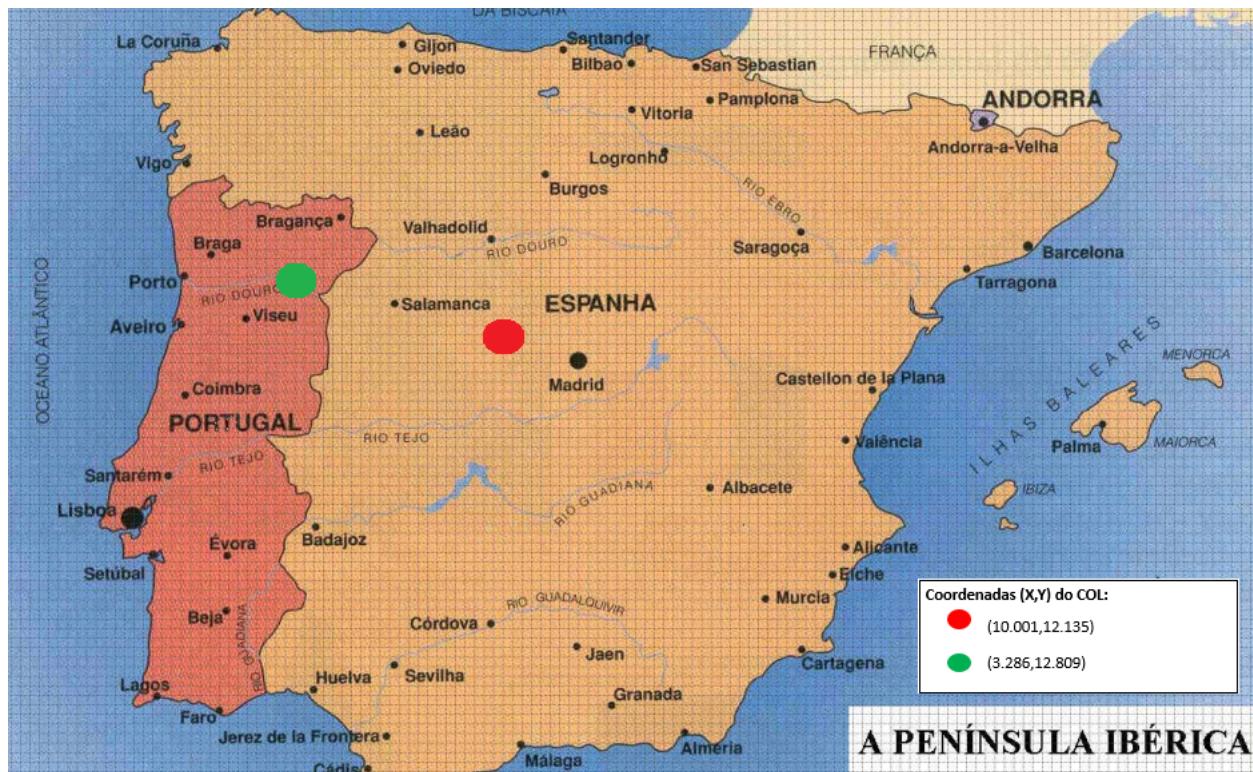


Figura 3.1: Mapa com as possíveis localizações do COL

3.3 Metodologia que permitirá optar pelo melhor local

A localização do armazém é um fator que influencia, não apenas no aspeto construtivo, mas sobretudo, o aspeto estratégico, podendo ser decisivo para o sucesso ou fracasso do negócio. E como tal, foram analisados alguns fatores que serão importantes para a melhor escolha para o local a construir. Para tal assumiu-se que as restrições legais, a obtenção de licenças para construção do COL e os custos dos impostos locais seriam considerados como aspetos essenciais independentemente do local onde se construirá o armazém. Outros fatores considerados importantes serão de seguida enumerados por ordem decrescente de importância:

1. **Acessibilidade ao armazém:** Os acessos à zona onde será construído o COL deverão estar em boas condições de conservação, pois permitem um melhor fluxo de trânsito e consequentemente entregas mais rápidas. Ter proximidade com auto-estradas, estas que permitem uma deslocação mais rápida. E as vias de acesso adjacentes deverão ter larguras que permitam um fácil manuseamento com veículos de transporte, permitindo assim um ganho de tempo.
2. **Custo do terreno:** No caso das plantas industriais, que necessitam de grandes áreas para sua implantação, o custo do terreno pode consistir num fator decisivo nos cálculos de localização. As áreas situadas mais próximas dos grandes centros urbanos apresentam um custo proporcionalmente mais elevado, que se relaciona diretamente à disponibilidade de infraestrutura e serviços.
3. **Características do local:** Qualidade e quantidade de estacionamentos, tamanho e forma do edifício a construir. O local escolhido deverá ter boas condições e espaços de terreno amplos, ou seja, caso o COL tenha de ser expandido será mais fácil, pois existe terreno disponível, bem como acessos a parques de estacionamento. Convém também que o local seja na periferia de uma cidade e não no centro, dessa forma evita-se os transtornos de transporte, isto é, as confusões inerentes ao transito da cidade, pois o congestionamento de tráfego influencia os tempos de transporte.
4. **Restrições ambientais:** O COL não deverá ter impacto ambiental significativo na zona onde será construído. Deverá ter em conta as questões restritivas que podem ser de diversa ordem, como por exemplo, a existência no local ou meio envolvente de cursos de água, que imponham restrição ao uso; tipo de cobertura vegetal ou espécies ameaçadas de extinção; fauna significativa ou ameaçada de extinção; legislação específica de uso e ocupação; compatibilidade do uso proposto com as restrições da zona municipal em que se insere; compatibilidade do uso proposto com as zonas ambientais e agrícolas protegidas.
5. **Salários médios na zona:** Os salários médios na zona onde será construído o COL deverão ter sido em conta pois será mais difícil para uma empresa contratar funcionários com altas previsões salariais. O que provocaria despesas extra para a empresa.

Para a obtenção de um valor quantitativo poder-se-ia utilizar o Modelo dos Scores em que se atribui um peso referente ao fator considerado e também uma nota inserida numa escala referente aos fatores, as fórmulas para obtenção do resultado estão na figura 3.2.

Modelo Aditivo

$$S_j = \sum_{i=1}^m W_i F_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

S_j = 'score' total referente à localização j

W_i = peso total referente ao factor i (em %)

F_{ij} = 'score' referente ao factor i na localização j

n = número de localizações

m = número de factores

Modelo multiplicativo

$$S_j = \prod_{i=1}^m F_{ij}^{W_i} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Figura 3.2: Modelo dos 'Scores'

4. Parte II

4.1 Determinação do stock máximo do COL

Depois de se definir o local para a construção do futuro armazém, seguiu-se uma segunda fase cujo objetivo global foi garantir aos distribuidores um nível de serviço de 95%. Consideraram-se os custos de encomenda estimados em 20€ para o caso do transporte ser nacional (Ibélico) e, de 40€ no caso de o transporte ser internacional. A taxa de posse de inventário foi estimada em 15%/ano para todo o tipo de produtos. Para tal consideramos que um ano tem 312 dias de trabalho que se traduz numa taxa ao dia de 0,15/312. Ainda a referir que uma paleta contém 60 caixas.

Fórmulas	
σr	$c.v * r$
$\mu ddlt$	$r * l$
$\sigma ddlt$	$raizq(l^* \sigma r + r^2 * \sigma l^2)$
Q	$raizq(2 * R * ce / cp)$
SS	$k * \sigma ddlt$
S	$\mu ddlt + SS$
stock maximo	$Q + SS$

Figura 4.1: Formulas utilizadas no cálculo do nível de encomenda

Para o cálculo do stock máximo utilizou-se a política do nível de encomenda, no qual para o efeito se consideram quantidades iguais por cada encomenda e cujo prazo de entrega é nulo ($l=0$).

	toucas	luvas	agulhas	seringas	cateters	algálias	abocaths	batas	suturas	máscaras
Total procura diária(ur,r)	590	357	944	613	820	699	588	1170	995	292
Desvio Padrão (%) (c.v)	0,12	0,1	0,15	0,12	0,09	0,09	0,1	0,12	0,2	0,1
Local do fornecedor	Aveiro	Almeria	Guimarães	Vitória	Bruxelas	Leeds	Porto	Berlim	Madrid	Setubal
Tempo de entrega (l)	3	1	2	1	4	4	2	4	1	3
Custo aquisição (cx)	8	9	2	4	8	8	3	12	2	4
Custo de encomenda (ce)	20	20	20	20	40	40	20	40	20	20
Custo de posse (cp)	0,0038	0,0043	0,0010	0,0019	0,0038	0,0038	0,0014	0,0058	0,0010	0,0019
Desvio Padrão (σr)	70,8	35,7	141,6	73,56	73,8	62,91	58,8	140,4	199	29,2
Procura nos dias de entrega ($\mu ddlt$)	1770	357	1888	613	3280	2796	1176	4680	995	876
Desvio padrão no prazo de entrega ($\sigma ddlt$)	122,63	35,70	200,25	73,56	147,60	125,82	83,16	280,80	199,00	50,58
Q	2477,10	1816,66	6266,61	3570,77	4129,89	3813,03	4038,22	4027,90	6433,66	2464,47
SS	202,34	58,91	330,42	121,37	243,54	207,60	137,21	463,32	328,35	83,45
S	1972,34	415,91	2218,42	734,37	3523,54	3003,60	1313,21	5143,32	1323,35	959,45
Stock máximo em caixas (em média)	2679,43	1875,57	6597,03	3692,14	4373,43	4020,63	4175,42	4491,22	6762,01	2547,92
Stock máximo em paletes (em média)	44,6572208	31,2594768	109,950446	61,5357371	72,8905173	67,0105548	69,5904071	74,8537113	112,700191	42,4652949
										41214,81
										686,913558

Figura 4.2: Tabela para a determinação do stock máximo com a política nível de encomenda

Tendo em consideração as alíneas do enunciado do projeto, o stock máximo em paletes para o qual a *MedyCare* deverá construir o seu COL será de 687 paletes.

4.2 Alternativa de abastecimento e impacto no stock máximo

Em alternativa, foi proposto uma outra análise de abastecimento que consistiu em dedicar cada um dos dias úteis à receção de encomendas com origem em dois fornecedores. Foi implementada a política do ciclo de encomenda em que foram definidos intervalos regulares (período t) bem como um prazo de entrega (l).

Desta forma recalculamos o Stock de Segurança que como seria esperado verificou-se valores mais elevados para os mesmos valores de procura diária. Também foram recalcados os valores de stock máximo para

Fórmulas	
ss	$k * \sqrt{q(t+l)} * \sigma r$
smax	$(t+l) * \mu r + ss$

Figura 4.3: Fórmulas alteradas no nível de encomenda

caixas e para paletes e os respetivos valores também se apresentaram de valores mais elevados relativamente ao nível de encomenda.

	toucas	luvas	agulhas	seringas	cateters	algálias	abocaths	batas	suturas	máscaras	
t 6	350,46	155,847981	660,833713	321,12542	385,070551	328,249165	274,414	732,573243	868,732443	144,54	
Ss	5660,5	2654,84798	8212,83371	4612,12542	8585,07055	7318,24916	4978,414	12432,5732	7833,73244	2772,54	65060,84651
Smax em caixa	94,341	44,2474663	136,880562	76,868757	143,084509	121,970819	82,9735667	207,209554	130,562207	46,209	1084,347442
Smax em paletes											

Figura 4.4: Tabela para a determinação do stock máximo com a política ciclo de encomenda

Posto isto, tal como apresentado na figura 4.4 o valor para o *stock* máximo passou para 1084 paletes

5. Parte III

Neste caso de estudo é preciso identificar os artigos quanto ao volume de vendas, valor de utilização e taxa de rotação. Devido ao elevado numero de referências que a *MedyCare* possui, foi aplicada para análise a Lei de Pareto ou análise ABC. O principal objetivo é determinar quais os artigos de maior e menor importância para a empresa, reduzindo dessa forma os custos inerentes a esses artigos. Os artigos devem ser divididos por cada uma das classes A, B e C. Tudo é feito com base numa ideia bem simples: de que 80% das consequências advêm de 20% das causas. Este método auxilia na classificação dos produtos em *stock* de acordo com sua importância relativa numa dada empresa. A classificação da curva é feita a partir de cada classe, sendo esta classificada a partir dos critérios abaixo apresentados:

- **Classe A:** artigos de maior importância, valor ou quantidade
- **Classe B:** com importância, quantidade ou valor intermédio
- **Classe C:** de menor importância, valor ou quantidade

5.1 Análise ABC segundo o critério do volume de vendas

Elaborou-se uma análise de Pareto com vista à determinação dos produtos que têm um maior número de vendas e assim proceder à sua classificação de Pareto, que será feita de acordo com a metodologia já explicada. Elaborando a análise de Pareto obteve-se o gráfico disponível na Figura 5.1, sendo que as cores diferentes representam as diferentes classes que compõem a análise ABC.

Tabela 5.1: Análise ABC

Classe	A	B	C
Quantidade	69	133	142
Perecentagem (artigos)	20%	39%	41%
Vendas	53%	42%	5%

Analizando a Tabela 5.1 pode-se referir que os artigos da classe A da análise de Pareto são responsáveis por 53% do volume total de vendas. Os artigos da classe B têm um peso de vendas de 42% de vendas, ao passo que os artigos C têm um peso relativo de 5%. Comparado com os valores teóricos, visualiza-se que a classe A tem um peso relativo muito inferior ao expectável (80%), tendo os valores das classes B e C sido muito superiores aos valores teóricos assinalados para estas duas classes. Isto deve-se essencialmente ao facto de, quando feita a análise, optou-se por escolher o critério que tem em conta 20% dos produtos em vez dos 80% das vendas (regra 20/80), para atribuir classificação A aos produtos.

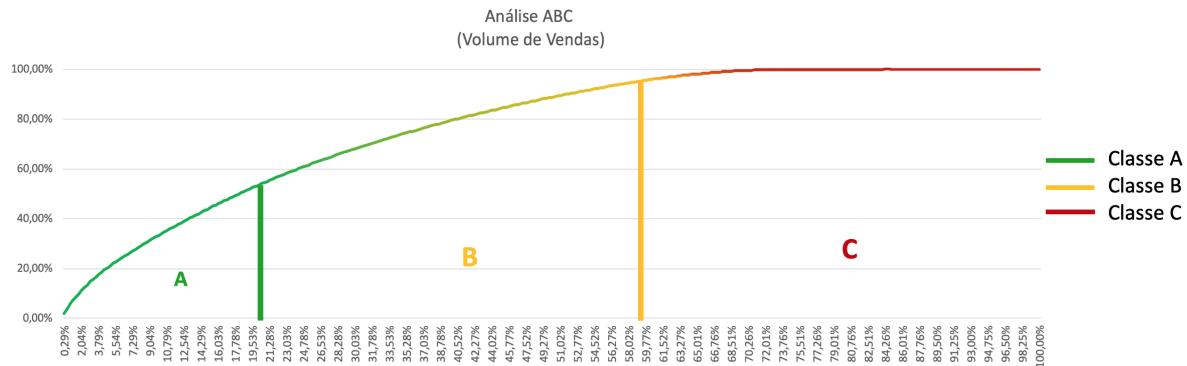


Figura 5.1: Gráfico - Análise ABC (Volume de Vendas)

5.2 Análise ABC segundo o critério da utilização (valor monetário das vendas)

Nesta alínea pretende-se fazer o mesmo que na alínea anterior, mas em vez da utilização do critério do volume de vendas é pedido o critério em função do valor monetário de vendas. Por este motivo, os dados foram ordenados de forma decrescente segundo o valor monetário. Para a seleção das classes, optou-se, mais uma vez, por atribuir classificação A a 20% dos artigos, classificação B aos restantes até aproximadamente 95% de percentagem acumulada e ao remanescente classificação C.

Obtém-se o gráfico da figura 5.2, através das percentagens cumulativas dos artigos e do valor monetário. A quantidade, percentagem de artigos e percentagem de valor monetário, distribuídas pelas três classes, estão na tabela 5.2.

Tabela 5.2: Análise ABC

Classe	A	B	C
Quantidade	69	119	155
Perecentagem (artigos)	20%	25%	55%
Vendas	64%	31%	5%

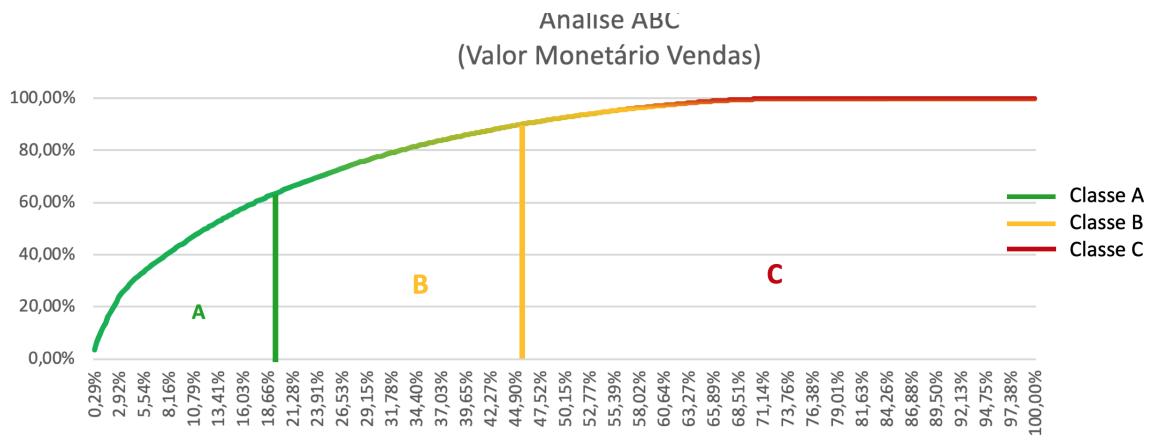


Figura 5.2: Gráfico - Análise ABC (Valor Monetário das Vendas)

5.3 Análise ABC segundo o critério da rotação (agregada por categoria)

É pretendida a elaboração de uma análise ABC segundo o critério de rotação dos produtos, agregados por categoria. É necessário o cálculo da rotação de cada produto. Esta obtém-se pela divisão da procura anual

de cada produto pelo seu *stock* médio ($(QEE/2) + SS$). Posteriormente ordenaram-se os dados pela rotação do maior para o menor (ordem decrescente).

Uma vez ordenados os dados prosseguiu-se à atribuição de classes a cada uma das categorias. Uma vez que na análise apenas constam dez categorias, concluiu-se que a melhor forma de atribuir classificação A às mesmas seria utilizando a regra 20 (20% das categorias), na medida em que se fosse usada a regra 80 (80% de percentagem acumulada) a maior parte das categorias pertenceriam à classe A. Para a atribuição de classe às restantes utilizou-se a percentagem acumulada como referência. Assim, as categorias ainda não classificadas até aproximadamente 85% de percentagem acumulada, foram atribuídas à classe B, sendo que as restantes foram atribuídas à classe C.

Após este processo, é possível obter as percentagens cumulativas dos artigos e da rotação, e dessa forma obteve-se o gráfico da figura 5.3. Na tabela 5.3, encontram-se as quantidades e percentagens das famílias distribuídas pelas classes.

Tabela 5.3: Análise ABC segundo critério da taxa de rotação

Classe	A	B	C
Quantidade (familias)	2	6	2
Perecentagem (familias)	20%	60%	20%

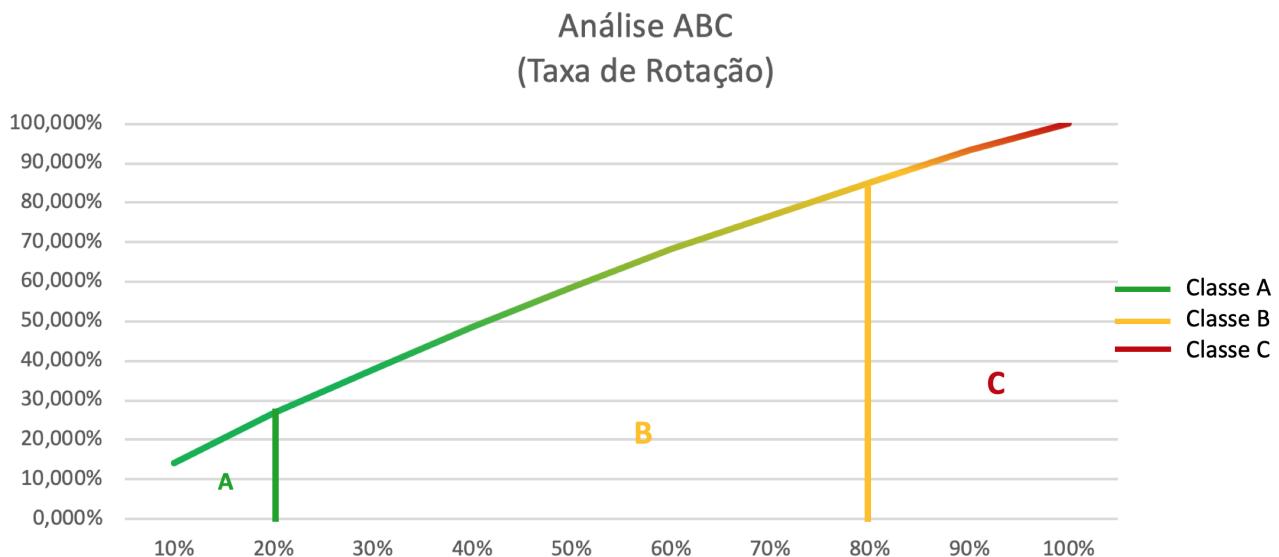


Figura 5.3: Gráfico - Análise ABC (rotação agregada por categoria)

6. Parte IV

A empresa pretende agora dimensionar e organizar o seu novo armazém. Do espaço total para armazenar produtos, 50% deverá ser reservado para os corredores. Deverão ser ainda considerados espaços adicionais para a receção e expedição, preparação de encomendas, bem como uma área de apoio para (escritórios, casas de banho, bar, etc).

O armazém, com equipamento, pode ser construído por 25 UM/ m^2 , amortizado em 15 anos, e com custos de operação médio de 0.05 UM por caixa de produtos movimentados. Os custos fixos anuais rondam os 3 UM/ m^2 . A configuração do armazém inclui 12 secções de armazenamento com 10 posições (slots) por secção, separadas por 6 corredores de 20 metros de comprimento; em cada posição podem ser armazenadas 2 euro paletes (euro palete: 0.8m x 1.2m) por nível; estão previstos 3 níveis de armazenagem em altura (solo mais *racks* com 2 níveis).

6.1 Definição do *layout* do armazém

O *layout* do armazém pode ser interpretado como a forma como as áreas de armazenagem estão organizadas, procurando rentabilizar o espaço existente o máximo possível para o armazenamento e para as operações necessárias. No caso de estudo, o *layout* utilizado é sempre o mesmo mas, são realizadas duas demonstrações de como as famílias de artigos são alocadas no mesmo: uma tendo em conta os movimentos totais e outra tendo em conta apenas os movimentos de saída.

6.1.1 Minimização do número de movimentos totais (entrada e saída)

Para perceber os movimentos totais, quer de entrada quer de saída, utilizou-se para análise a taxa de rotação anual das famílias de cada produto. Para tal, recorrendo à análise ABC feita anteriormente (segundo o critério de rotação), percebeu-se quais as famílias com maiores movimentos totais, sendo essas alocadas mais próximas da porta (representada a amarelo na figura 6.1).

Sendo que cada posição possui três níveis e cada nível pode alocar duas paletes, a cada posição é possível destinar seis paletes. Desta forma, realizaram-se os cálculos para perceber a quantidade de paletes que ocupam cada posição, tendo em conta o *stock* máximo de cada família, sendo assim possível chegar a um método de arrumação que minimiza os movimentos totais, representado na figura 6.1.

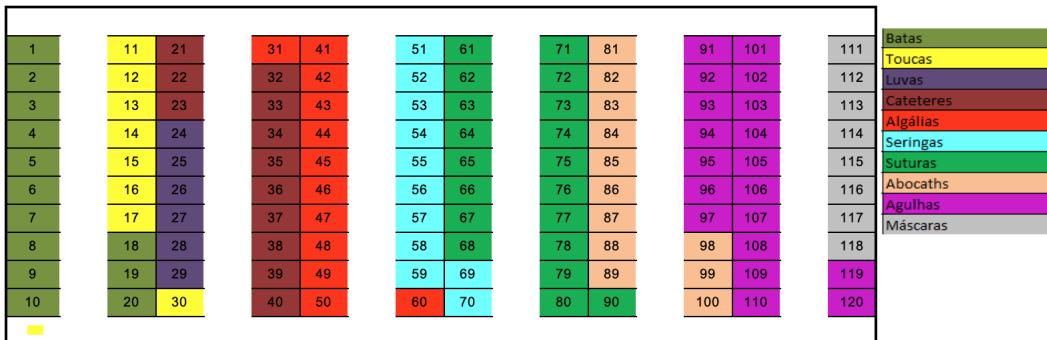


Figura 6.1: Layout do armazém tendo em conta os movimentos totais

6.1.2 Minimização dos movimentos de saída (*picking*)

Na medida em que é necessário perceber os movimentos de saída para a análise, utilizou-se a procura como referência. Para tal, ordenou-se as famílias de produtos por ordem crescente de procura anual. Em seguida, realizou-se uma simples análise ABC, que permitiu perceber quais os produtos que deveriam ficar mais próximos da porta, ou seja, as famílias com maior procura anual.

Uma vez que o *layout* para a análise dos movimentos de saída é o mesmo que para os movimentos totais, o raciocínio para o método de arrumação foi o mesmo, chegando-se ao representado na figura 6.2.

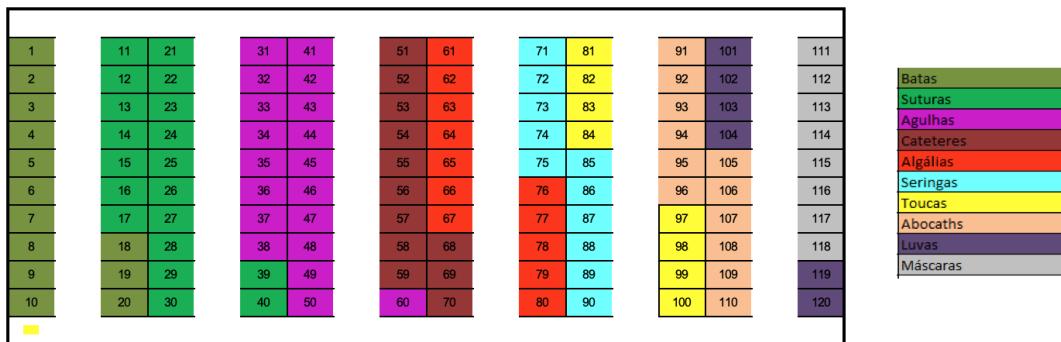


Figura 6.2: Layout do armazém tendo em conta os movimentos de saída

6.2 Comparação de estratégias de *picking*

Nesta fase fez-se uma comparação de estratégias de *picking* utilizando para tal um simulador em *Excel*. Assim, simulou-se duas estratégias diferentes, *S-shape* e *Midpoint*, utilizando um só empilhador, com um tempo de simulação de dez dias, em ambos os casos.

Para aplicar a simulação ao caso, foi necessário atribuir um multiplicador a cada *slot*. Para definir estes multiplicadores foi feito um cálculo da probabilidade do *slot* ser visitado, baseado na procura do produto que o ocupa. Desta forma, cada multiplicador representa quantas vezes é a probabilidade de visitar aquele *slot* em relação aos *slots* com a menor probabilidade associada.

6.2.1 Método *S-Shape*

Utilizando, no simulador, o método *S-Shape* implica que o operador tenha de percorrer o corredor que contenha no mínimo um item a recolher. Os corredores que não têm itens para recolher não são percorridos. Por último, quando o operador efetuar a última recolha vai para o depósito da recolha.

6.2.2 *Midpoint Method*

O método do ponto médio (*Midpoint Method*), consiste em dividir os corredores em 2. Se for necessário recolher na parte da frente do corredor o operador entra pela parte da frente, caso seja na parte de trás o operador acede pela parte de trás. Assim, apenas tem de percorrer metade do corredor.

6.2.3 Análise de resultados

Depois de feita uma análise dos resultados, percebeu-se que o método *S-shape* era o que demorava menos a realizar as suas ações, como representado na tabela 6.1.

Uma das possíveis explicações para o método *S-Shape* ter sido menos demorado nos processos de *picking* é o facto de o número de voltas atrás (Number of turns back) serem muito mais frequentes no método de *Midpoint*. É normal o número de voltas atrás serem mais frequente no processo de *Midpoint* devido ao facto do operador, quando entra num corredor, só percorrer metade (parte necessária) e depois voltar para trás enquanto no método *S-Shape* sempre que um operador entra num corredor percorre o mesmo até ao fim.

Tabela 6.1: Tempo de trabalho do empilhador segundo cada método

	Tempo de trabalho
S-Shape	67:24:27
Midpoint	72:12:58

6.3 Estimativa dos custos anuais de operação de armazém

Como foi dito anteriormente o armazém tem 12 secções de armazenamento com 10 posições (slots) por secção, separadas por 6 corredores de 20 metros de comprimento. Como podemos ver a imagem 6.3 representa uma folha quadriculada da dimensão do armazém. O comprimento de 20 metros é representado por 11 quadrículas, logo, como o armazém tem um comprimento representado por 14 quadrículas o armazém tem 25,45 metros de comprimento. Foi usado mesmo raciocínio para calcular a largura, como 2 quadrículas de largura representam 3 metros, e o armazém tem a largura de 24 quadrículas, então tem 36 metros de largura. Assim a área do armazém é dada pelo produto do comprimento e da largura do armazém, aproximadamente $916\ m^2$.

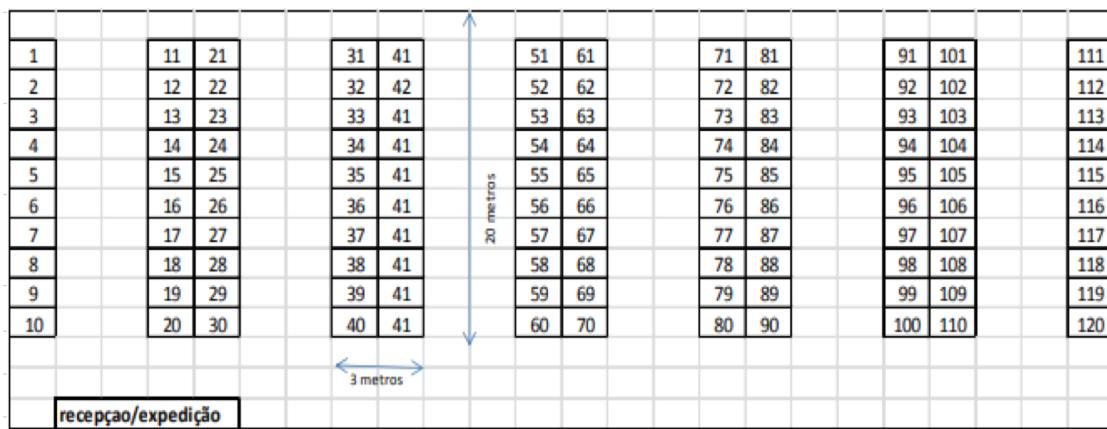


Figura 6.3: Dimensões do armazém

O custo de construção do armazém é $25\ UM/m^2$ amortizado em 15 anos, ou seja, o custo anual é dado pelo produto da área do armazém e o custo de construção por metro quadrado dividido pelos 15 anos de amortizações. Logo o custo de construção anual é de 1527,27 UM. O custo de operação médio por caixa movimentada é de 0,05 UM, como o total de rotação anual de caixas é de 1031 UM então o custo de operação anual é 51,55 UM. Os custos fixos por metro quadrado do armazém é de 3 UM, como o armazém tem $916\ m^2$ então os custos fixos anuais são 2749,1 UM.

Na tabela 6.2 podemos observar os custos calculados assim como o custo total por ano.

Tabela 6.2: Custos de operação de armazém

Custos de Construção	1527,27 UM
Custos de Operação	51,55 UM
Custos Fixos	2749,10 UM
Custo Total por ano	4327,91 UM

7. Parte V

Para determinar o plano de entregas que permitiria calcular e analisar custos, utilizou-se a heurística das poupanças. Esta heurística é um processo construtivo no qual, inicialmente, para todos os pares de cidades se calcula a poupança (resultado da subtração da soma das distâncias de cada cidade à origem com a distância entre as duas cidades). A partir daqui, definem-se todas as rotas de cada cidade até à origem, ida e volta, para em seguida ordenar as poupanças, anteriormente calculadas, por ordem decrescente. Em seguida escolhe-se o par com maior poupança associada, para depois analisar as rotas de cada uma dessas cidades à origem. Se as rotas de ida e volta ao armazém de cada uma das cidades que fazem parte do par, forem diferentes e se cada cidade estiver adjacente à origem (armazém) nessas mesmas rotas, e ainda não fizerem parte de nenhuma rota, essas cidades podem ser incluídas na rota.

Uma vez que cada veículo pode operar até 18 horas, partindo do depósito às 6:00 horas e regressando às 24:00 horas do mesmo dia, foi necessário criar cada rota para que esta fizesse sentido de acordo com esta restrição. Esta restrição tornou o problema mais complexo uma vez que existiam rotas nas quais o tempo de ida e volta ultrapassava as 18 horas. Por este motivo, cada cidade que para ser visitada implicava, deu origem a rotas nas quais apenas essa mesma era visitada, adicionando uma pausa das, 00:00 horas até às 06:00 horas, a cada uma.

Desta forma resultaram oito rotas em que apenas uma cidade era visitada. Para a construção das restantes rotas a mesma restrição foi tida em conta, mas sem necessidade desta pausa. Para além desta restrição foi também tido em conta o horário de funcionamento de cada cliente, uma vez que quando o camião chegasse ao mesmo, este deveria estar dentro do seu horário de funcionamento, representado na figura 7.1.

Cod Cliente	Local	procura em paletes	tempo carga (min)	Horário
C1	La Coruna	18	20 min	8.00 - 20.00
C2	Vigo	3	20 min	8.00 - 20.00
C3	Bragança	3	20 min	8.00 - 20.00
C4	Braga	3	20 min	8.00 - 20.00
C5	Porto	14	20 min	8.00 - 20.00
C6	Coimbra	3	20 min	8.00 - 20.00
C7	Aveiro	3	20 min	8.00 - 16.00
C8	Lisboa	11	20 min	8.00 - 20.00
C9	Évora	3	20 min	8.00 - 20.00
C10	Beja	3	20 min	8.00 - 20.00
C11	Setúbal	3	20 min	8.00 - 20.00
C12	Faro	3	30 min	8.00 - 20.00
C13	Lagos	3	20 min	8.00 - 20.00
C14	Salamanca	3	20 min	8.00 - 16.00
C15	Leão	3	20 min	8.00 - 20.00
C16	Burgos	3	20 min	8.00 - 18.00
C17	Saragoça	3	20 min	8.00 - 20.00
C18	são Sebastian	3	20 min	8.00 - 20.00
C19	Barcelona	12	20 min	8.00 - 20.00
C20	Valéncia	3	20 min	8.00 - 20.00
C21	Múrcia	3	30 min	8.00 - 20.00
C22	Córdoba	3	20 min	8.00 - 20.00
C23	Madrid	9	20 min	8.00 - 20.00
C24	Granada	3	20 min	8.00 - 20.00
C25	Málaga	3	30 min	8.00 - 20.00
C26	Sevilha	3	20 min	8.00 - 20.00
C27	Badajoz	3	20 min	8.00 - 14.00
C28	Oviedo	3	20 min	8.00 - 20.00
C29	Bilbau	2	20 min	8.00 - 20.00
C30	Andorra	3	20 min	8.00 - 20.00

Figura 7.1: Horário de funcionamento de cada cliente e respetiva quantidade a ser entregue

Assumindo que um motorista apenas pode conduzir durante 4 horas seguidas. E também que não existe restrição no que diz respeito à quantidade de veículos, com capacidade de 14 e 34 paletes, criaram-se assim todas as rotas, designadas na figura 7.2, e repetivas quantidades de paletes que cada camião, por rota, deve transportar.

Rota 1	Viseu	Barcelona	Viseu	Qtd=12
Rota 2	Viseu	Andorra	Viseu	Qtd=3
Rota 3	Viseu	Murcia	Viseu	Qtd=3
Rota 4	Viseu	Granada	Viseu	Qtd=3
Rota 5	Viseu	Valencia	Viseu	Qtd=3
Rota 6	Viseu	Saragoça	Viseu	Qtd=3
Rota 7	Viseu	Malaga	Viseu	Qtd=3
Rota 8	Viseu	São Sebastian	Viseu	Qtd=3
Rota 9	Viseu	Badajoz	Cordoba	Sevilha
Rota 10	Viseu	Faro	Lagos	Beja
Rota 11	Viseu	Burgos	Bilbau	Viseu
Rota 12	Viseu	Leao	Oviedo	La Coruna
Rota 13	Viseu	Évora	Setúbal	Lisboa
Rota 14	Viseu	Salamanca	Madrid	Bragança
Rota 15	Viseu	Aveiro	Porto	Braga
				Vigo
				Viseu
				Qtd=23

Figura 7.2: Rotas definidas

7.1 Custos totais

Após a elaboração do plano de entregas, foram calculados os custos totais e médios do plano de entregas. Os custos são apresentados na figura 7.3. Optou-se pelo cálculo dos custos por rota, tendo em conta o número de motoristas necessários por cada rota, o número de quilômetros percorridos, o tempo total de viagem e o tempo total de trabalho dos motoristas.

Rota	Nr Motoristas	Nr Kms	Horas Viagem	Tempo Trabalho	Custos Motoristas	Custos Combustível	Custos Totais
1	3	2136	26:42:00	33:17:00	548,64	188,4705882	737,1105882
2	3	2110	26:22:00	32:57:00	544,5	186,1764706	730,6764706
3	2	1680	21:00:00	27:45:00	305,28	148,2352941	453,5152941
4	2	1640	20:30:00	27:05:00	297	144,7058824	441,7058824
5	2	1588	19:50:00	26:25:00	290,76	140,1176471	430,8776471
6	2	1522	19:00:00	25:35:00	280,52	134,2941176	414,8141176
7	2	1510	18:52:00	25:37:00	280,88	133,2352941	414,1152941
8	2	675	16:52:00	17:27:00	191,96	59,55882353	251,5188235
9	2	1281	15:59:00	17:44:00	194,92	113,0294118	307,9494118
10	2	1212	15:07:00	16:27:00	180,86	106,9411765	287,8011765
11	2	1246	15:34:00	16:44:00	183,92	109,9411765	293,8611765
12	2	1220	15:13:00	16:58:00	202,44	130,7142857	333,1542857
13	2	1061	13:33:00	15:53:00	174,54	93,61764706	268,1576471
14	2	989	12:19:00	14:04:00	168,72	105,9642857	274,6842857
15	2	604	7:31:00	9:51:00	117,18	64,71428571	181,8942857
Média Custos de uma rota							388,1224258
Custo Total Operação por ano							1455459,097
Custo Médio por Entrega							194,0612129

Figura 7.3: Custos totais das rotas

O custo total de operação por ano foi calculado considerando 250 dias úteis de trabalho, aos quais foram multiplicados os custos por dia de cada rota considerando os custos de motoristas e combustível, sendo que foi obtido um valor de 1455459,097UM.

O custo médio por entrega foi calculado tendo em conta que existem 30 entregas a fazer por dia, o que resulta num custo médio de 194,06UM por dia em cada entrega.

O custo médio por veículo, neste caso será o custo médio de uma rota, pois apenas é utilizado um veículo em cada rota, este custo tem um valor médio de 388,12UM por veículo por dia.

Podemos concluir que estes valores são elevados para algumas rotas, e quase impraticáveis, pois nas rotas 2 a 8, apenas é visitada uma cidade, e a capacidade do camião mais pequeno, o de 14 paletes, só estará a ser ocupado com 3 paletes. Este facto torna o transporte muito ineficiente e de elevado custo. Uma boa solução para estas rotas seria a subcontratação de serviços especializados de entregas, já que como correspondem a entregas de pequena quantidade, estes serviços terão melhor capacidade de realizar estes transportes.

Estes resultados poderão ser influenciados negativamente ou positivamente conforme as alterações dos preços dos combustíveis ou pelo preço da mão-de-obra. Por outro lado, uma variação na quantidade a entregar aos clientes poderia impactar a eficiência das distribuições. Isto porque existem rotas que transportam pequenas quantidades numa só viagem e portanto a percentagem de utilização do camião é muito baixa. Por outro lado se os pedidos aumentarem muito em rotas nas quais a chegada da viagem de volta ao armazém é muito próxima das 24:00 horas poderia implicar um aumento de tempo de descarga que poderia resultar num tempo de chegada ao armazém que ultrapassasse as 23:00 horas e por tal razão todas as rotas teriam que ser revistas.

8. Conclusões

Este trabalho consistiu no apoio à construção de um projeto de um novo armazém desde a fase de localização até a fase de implementação efetiva e posteriormente no controlo de operação. O objetivo deste trabalho residiu na construção de um novo armazém que teve por base as economias de escala, onde os distribuidores clientes deverão passar a aprovisionar num único armazém e, desta forma, partilhar os custos da infraestrutura, da gestão de stocks, do *picking*, preparação das encomendas, etc. De forma a dar conformidade a este objetivo, o trabalho foi dividido em 5 partes.

Na primeira parte foi determinado o local para a construção do armazém. Utilizando o método de centro de gravidade chegou-se à solução que passaria por construir o armazém num concelho do distrito de Viseu ou a sul do distrito de Bragança. Com a alteração efetuada pela administração de substituir os vários fornecedores por apenas um único localizado na Turquia, o material passou a ser enviado, via marítima, para Barcelona de onde seguirá para o COL. Esta alteração afetou a localização da construção do COL. Assim, utilizando novamente o mesmo método, concluiu-se que a melhor localização para o COL será entre Salamanca e Madrid.

Após a escolha da localização do COL, passou-se à determinação do *stock* máximo que o COL poderia ter. De acordo com a política do nível de encomenda calculou-se o *stock* máximo de paletes para o qual a *MedyCare* deverá construir o seu COL, obtendo-se um resultado de 687 paletes. Em alternativa, implementou-se a política de ciclo de encomenda que consistiu em dedicar cada um dos dias úteis à receção de encomendas com origem em dois fornecedores. Posto isto, o valor do *stock* máximo passou para 1084 paletes. Em seguida efetuou-se uma análise de Pareto com vista a determinar os produtos com maior número de vendas e assim proceder à sua classificação. Os resultados da análise ABC, segundo o critério de volume de vendas, mostraram que os produtos de classe A são responsáveis por 53% do volume total de vendas. Os artigos da classe B têm um peso de vendas de 42%, ao passo que os artigos de classe C têm um peso relativo de 5%. De acordo com o critério de utilização (valor monetário de vendas), os resultados da análise ABC mostraram que os produtos de classe A são responsáveis por 64% das vendas, os produtos de classe B são responsáveis por 31% das vendas e os produtos de Classe C são responsáveis por 5% das vendas. Já na análise ABC, através do critério da rotação atribui a percentagem de 20% aos produtos de classe A, 60% aos produtos de classe B e 20% aos produtos de classe C.

A quarta parte deste trabalho consistiu na definição do *layout* do armazém, na comparação de estratégias de *picking* e na estimativa de custos anuais de operação de armazém. Através da minimização do número de movimentos totais e na minimização dos movimentos de saída concluiu-se que o raciocínio para o método de arrumação foi o mesmo. Relativamente às estratégias de *picking* utilizou-se no simulador o método de *S-Shape* e o método do *Midpoint* concluindo-se que o primeiro apresentava os melhores resultados. Relativamente aos custos anuais do armazém foram estimados os custos de construção de 1527,27 UM, os custos de operação de 51,55 UM, e os custos fixos de 2749,10 UM, resultando num valor de 4327,91 UM de custo total anual.

Por fim, na quinta parte do projeto, para determinar o plano de entregas que permitiria calcular e analisar custos, utilizou-se a heurística das poupanças, da qual resultaram 15 rotas. Após a elaboração do plano de entregas foram calculados os custos totais e médios do plano de entregas. Para o custo total de operação foi obtido o valor de 1455459,097 UM, para o custo médio por entrega o valor de 194,06 UM e para o custo médio por veículo o valor de 388,14 UM por dia. No entanto este planeamento de rotas poderia ser melhorado em termos de custos, pois existem muitas outras rotas válidas que poderiam permitir obter custos mais baixos para a empresa. Conclui-se que todas as fases deste projeto foram concluídas com sucesso e foram importantes para o aprofundamento deste tema visto que permitiu desenvolver e aperfeiçoar competências no apoio as decisões de localização, implementação e controlo operacional de matérias logísticas.