



**José Augusto
Barros Oliveira**

**Estudo de Eficiência Energética na Refrigeração de
um Supermercado**



**José Augusto
Barros Oliveira**

Estudo de Eficiência Energética na Refrigeração de um Supermercado

Relatório de projecto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira, Professor Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho aos meus pais, família, amigos e namorada, por me terem proporcionado momentos inesquecíveis ao longo da vida e por todo o apoio e incentivo nas várias etapas da minha formação.

o júri

Presidente

Prof. Doutor Rui Jorge Ferreira Soares Borges Lopes
Professor Auxiliar Convidado, Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Manuel Augusto de Pina Marques
Professor Auxiliar, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Prof. Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira
Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à Carrier Refrigeración Ibérica S.A. a oportunidade que me deu de realizar o meu estágio curricular. Agradeço em especial ao departamento técnico e comercial, com o qual colaborei ao longo de oito meses.

Agradeço também, ao meu orientador na empresa, Alfonso Santos, e aos companheiros de trabalho, em especial ao Eduardo Fernández, ao Pere Ignasi e ao Bernart Gordo, todo o apoio e amizade.

Ao meu orientador da Universidade de Aveiro, Doutor Luís Ferreira, pela disponibilidade, apoio, sugestões e críticas construtivas no decurso deste trabalho.

Finalmente, um agradecimento muito especial à minha família, amigos e namorada pelo apoio, força e companhia nos bons e maus momentos.

Por último, agradeço a todos aqueles que, embora não referidos, de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

palavras-chave

Eficiência energética, refrigeração, consumo eléctrico, impacto ambiental.

resumo

Com o objectivo de minimizar o impacto ambiental provocado pelos sistemas de refrigeração, têm-se desenvolvido, ao longo dos tempos, diversos estudos em torno da eficiência energética, que visam otimizar os equipamentos e respectivas condições de funcionamento.

Este projecto consiste no estudo de eficiência energética de um supermercado, de dimensões médias. Concretamente, para elaborar este estudo realizou-se o cálculo e desenho da instalação frigorífica para uma versão de supermercado designada de *Standard*, cujos equipamentos frigoríficos seleccionados foram os normalmente requisitados para supermercados com estas características. De seguida realizou-se um levantamento de possíveis pontos de melhoria e optimização da eficiência do dito supermercado, sendo posteriormente proposta uma nova versão de supermercado com as melhorias já aplicadas, o qual se designou por *E*cube*.

A fim de avaliar o impacto ambiental e a eficiência das duas versões do supermercado, foram comparados os investimentos, os consumos eléctricos e o impacto ambiental associados a cada uma das versões. Os resultados da análise comparativa, indicam que as medidas propostas para a versão *E*cube* proporcionam uma redução significativa do consumo diário de energia e uma diminuição do nível de *Total Equivalent of Warming Impact*. Todas estas melhorias foram alcançadas, com um tempo de *payback* reduzido, o que viabiliza a aplicabilidade desta proposta (*E*cube*).

keywords

Energy efficiency, refrigeration, electric consumption, environmental impact.

abstract

In order to reduce the environmental impact of refrigeration systems, have been developed, over the years, several studies about energy efficiency, which aim to optimize the equipment and operating conditions.

This project is about the study of energy efficiency of a medium size supermarket. Specifically, in preparation of the study was carried out the calculation and design of the refrigeration installation to a version of a supermarket designated *Standard*. In this one, the selected refrigeration equipment were the normally required for supermarkets with this features. Then was carried out a survey of potential areas for improvement and optimization of the efficiency of this supermarket, and consequently proposed a new version of the supermarket with improvements already set, which was designated by *E*cube*.

In order to evaluate the environmental impact and the efficiency of the two versions of the supermarket, was compared the initial investment, the electrical consumption and environmental impact associated with each one. The results of comparative analysis indicate that the measures proposed to the *E*cube* version, provide a significant reduction of daily energy consumption and a decrease in the level of *Total Equivalent Warming Impact*. All these improvements were achieved, with a reduced payback time, which enables the applicability of this proposal (*E*cube*).

Índice

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Motivação	1
1.2. Enquadramento do trabalho	1
1.3. Objectivos do trabalho	2
1.4. Metodologia	2
1.5. Estrutura do relatório	3
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	4
2.1. Energia	4
2.1.1. Consumo de energia em Portugal	5
2.1.1.1. Supermercados	9
2.2. Eficiência energética.....	9
2.2.1. O que é a eficiência energética?.....	9
2.3. Impactes da energia no ambiente.....	11
2.4. Impacto das aplicações de refrigeração sobre o aquecimento global	12
2.4.1. <i>Ozone Depletion Potential (ODP)</i>	13
2.4.2. Efeito de estufa.....	14
2.4.2.1. <i>Global Warming Potential (GWP)</i>	15
2.4.2.2. <i>Total Equivalent of Warming Impact (TEWI)</i>	16
2.4.2.3. <i>Life Cycle Climate Performance (LCCP)</i>	18
2.5. Refrigeração	19
2.5.1. Sistemas de refrigeração	19
2.5.2. Análise da eficiência de um sistema de refrigeração	20
2.5.3. Refrigerantes	21
2.5.3.1. Refrigerantes sintéticos.....	23
2.5.3.2. Refrigerantes naturais.....	24
2.5.3.3. Resumo dos refrigerantes mais comuns	25

3.	CASO DE ESTUDO	27
3.1.	Apresentação da empresa	27
3.1.1.	United Technologies Corporation (Grupo UTC).....	27
3.1.2.	Carrier Corporation	27
3.1.3.	Carrier Refrigeración Ibérica	28
3.2.	Descrição do caso de estudo	29
3.3.	Supermercado.....	29
3.3.1.	Escolha do supermercado.....	29
3.3.2.	Apresentação do supermercado	29
3.3.2.1.	Móveis.....	31
3.3.2.2.	Câmaras.....	32
3.3.3.	Planta do supermercado	34
3.3.4.	Condições técnicas	34
3.3.4.1.	Instalações	34
3.3.4.2.	Temperatura.....	34
4.	DESENVOLVIMENTO DO PROJECTO	35
4.1.	Cálculo e apresentação do supermercado <i>Standard</i>	36
4.1.1.	Cálculo das linhas de temperatura positiva	36
4.1.1.1.	Móveis.....	36
4.1.1.2.	Câmaras frigoríficas	37
4.1.1.3.	Evaporadores	41
4.1.2.	Cálculo das linhas de temperatura negativa.....	42
4.1.2.1.	Móveis.....	42
4.1.2.2.	Câmaras de congelados.....	42
4.1.2.3.	Evaporadores	44
4.1.3.	Cálculo dos elementos da instalação	45
4.1.3.1.	Compressores	45
4.1.3.2.	Condensador.....	45

4.1.3.3.	Tubagens.....	46
4.1.3.4.	Refrigerante	47
4.1.3.5.	Controlos	47
4.1.3.6.	Válvulas	47
4.2.	Supermercado <i>E*cube</i>	48
4.2.1.	Propostas de melhoria.....	48
4.2.1.1.	Medidas com custo	48
4.2.1.2.	Medidas sem custo	52
4.2.2.	Cálculo e apresentação do supermercado <i>E*cube</i>	54
4.2.3.	Cálculo das linhas de temperatura positiva.....	55
4.2.3.1.	Móveis	55
4.2.3.2.	Câmaras frigoríficas	56
4.2.3.3.	Evaporadores	57
4.2.4.	Cálculo das linhas de temperatura negativa	58
4.2.4.1.	Móveis	58
4.2.4.2.	Câmaras de congelados	58
4.2.4.3.	Evaporadores	58
4.2.5.	Cálculo dos elementos da instalação.....	59
4.2.5.1.	Compressores	59
4.2.5.2.	Condensador	60
4.2.5.3.	Tubagens.....	60
4.2.5.4.	Refrigerante	61
4.2.5.5.	Controlos	62
4.2.5.6.	Válvulas	62
5.	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	63
5.1.	Análise comparativa entre as versões de supermercado	63
5.1.1.	Análise dos investimentos das instalações	65
5.1.1.1.	Supermercado <i>Standard</i>	65

5.1.1.2.	Supermercado <i>E*cube</i>	66
5.1.2.	Análise de consumos eléctricos	67
5.1.2.1.	Móveis e Câmaras.....	67
5.1.2.2.	Comparação entre as duas propostas de supermercado.....	69
5.2.	Análise comparativa do potencial de aquecimento global	71
5.3.	Análise comparativa dos tempos de <i>payback</i>	73
5.4.	Análise crítica.....	74
5.4.1.	Enquadramento nacional do projecto.	74
6.	CONCLUSÃO	75
7.	BIBLIOGRAFIA	77
8.	ANEXOS	80

Índice de figuras

Figura 1 - Formas de Energia	4
Figura 2 - Representação do ciclo de transformação de fontes de energia (EDP, 2006) ..	5
Figura 3 - Percentagem do consumo de energia final em Portugal (2009) (DGEG, 2011a)	6
Figura 4 - Percentagem da dependência energética de Portugal ao longo dos anos (DGEG, 2011a).....	6
Figura 5 - Consumo energético final por sector de actividade (DGEG, 2011a)	7
Figura 6 - Consumo final de energia no sector dos serviços (IEE, 2009)	7
Figura 7 - Consumo energético para cada tipo de edifício (DGE, 2002)	8
Figura 8 - Distribuição dos consumos de energia num supermercado (Marchioro, 2004) .	9
Figura 9 - Representação da Camada de Ozono.....	13
Figura 10 - Contribuição de cada sector para o Efeito de Estufa em Portugal (% do Total) (INE, 2009)	15
Figura 11 - Sistema básico de refrigeração (Pirani, 2004)	20
Figura 12 - Refrigerantes sintéticos e naturais usados na refrigeração	23
Figura 13 – Empresas do grupo UTC (Carrier, 2012).....	27
Figura 14 - Escritórios da Carrier Refrigeración Ibérica.....	28
Figura 15 - Tipos de produtos e serviços da Carrier (Adaptado de: Carrier, 2012).....	28
Figura 16 - Estrutura do supermercado	30
Figura 17 - Móveis de temperaturas de conservação positivas.....	31
Figura 18 - Móveis de temperaturas de conservação negativas	31
Figura 19 - Câmaras frigoríficas.....	32
Figura 20 - Câmaras de congelados	33
Figura 21 - Pontos de consumo de energia eléctrica mais relevantes num supermercado	35
Figura 22 - Cortina de noite num mural e numa ilha	48
Figura 23 - Ventilador electrónico	49
Figura 24 - Válvula de expansão electrónica	50
Figura 25 - Instalação monitorizada (Adaptado de: Danfoss, 2012)	51
Figura 26 - Comparação dos consumos eléctricos de móveis e câmaras	67
Figura 27 - Comparação dos consumos eléctricos diários por tipo de equipamento	69
Figura 28 - Comparação de <i>TEWI</i> por versão de supermercado	71
Figura 29 - Comparação de <i>TEWI</i> (Total)	72

Índice de tabelas

Tabela 1 - Níveis de <i>ODP</i> de substâncias que contribuem para a destruição da camada de ozono (Adaptado de: DGA, 2005).....	14
Tabela 2 - <i>GWP</i> dos refrigerantes mais comuns na actualidade (Adaptado de: Alvarado, Passaro & Stefano, 2004)	16
Tabela 3 - Características a ter em conta na escolha de um refrigerante (Batle, 2010) ...	25
Tabela 4 - Características das câmaras frigoríficas	33
Tabela 5 - Características das câmaras de congelados	33
Tabela 6 - Características técnicas do supermercado <i>Standard</i>	36
Tabela 7 - Características comuns dos móveis do supermercado <i>Standard</i>	36
Tabela 8 - Combinação de móveis frigoríficos para supermercado <i>Standard</i>	37
Tabela 9 - Actividade no interior das câmaras frigoríficas.....	38
Tabela 10 - Cálculo das necessidades frigoríficas por câmara frigorífica (<i>Standard</i>).....	40
Tabela 11 - Evaporadores por câmara frigorífica (<i>Standard</i>)	41
Tabela 12 - Combinação de móveis de congelados para supermercado <i>Standard</i>	42
Tabela 13 - Actividade no interior das câmaras de congelados	42
Tabela 14 - Cálculo necessidades frigoríficas por câmara de congelados (<i>Standard</i>)	44
Tabela 15 - Evaporadores por câmara de congelados (<i>Standard</i>).....	44
Tabela 16 - Características dos compressores do supermercado <i>Standard</i>	45
Tabela 17 - Características dos condensadores (<i>Standard</i>)	46
Tabela 18 - Necessidades de tubagem do sistema de refrigeração (<i>Standard</i>)	46
Tabela 19 - Quantidade de refrigerante R404A (<i>Standard</i>)	47
Tabela 20 - Comparação entre lâmpada LED e Fluorescente	51
Tabela 21 - Melhorias aplicadas no supermercado <i>E*cube</i>	54
Tabela 22 - Características técnicas do supermercado <i>E*cube</i>	55
Tabela 23 - Características comuns dos móveis do supermercado <i>E*cube</i>	55
Tabela 24 - Combinação de móveis frigoríficos para supermercado <i>E*cube</i>	56
Tabela 25 - Necessidades frigoríficas por câmara frigorífica (<i>E*cube</i>).....	57
Tabela 26 - Evaporadores por câmara frigorífica (<i>E*cube</i>)	57
Tabela 27 - Combinação de móveis de congelados para supermercado <i>E*cube</i>	58
Tabela 28 - Necessidades frigoríficas por câmara de congelados (<i>E*cube</i>)	58
Tabela 29 - Evaporadores por câmara de congelados (<i>E*cube</i>).....	59
Tabela 30 - Características dos compressores do supermercado <i>E*cube</i>	59
Tabela 31 - Características dos condensadores (<i>E*cube</i>).....	60

Tabela 32 - Necessidades de tubagem para temperaturas positivas (E^*cube)	60
Tabela 33 - Necessidades de tubagem para temperaturas negativas (E^*cube)	61
Tabela 34 - Quantidade de refrigerante R134 ^a e R744 (E^*cube).....	61
Tabela 35 - Resistências e duração de descongelações para cada proposta de supermercado.....	64
Tabela 36 - Horas de funcionamento dos equipamentos mais relevantes.....	64
Tabela 37 - Custo total da instalação frigorífica do supermercado <i>Standard</i>	65
Tabela 38 - Custo total da instalação frigorífica do supermercado E^*cube	66
Tabela 39 - Análise de sensibilidade do projecto	73

Nomenclatura

Ao longo do trabalho apresentado, são utilizadas uma série de abreviaturas e siglas que podem ser interpretadas com a nomenclatura que se segue.

CO₂	Dióxido de carbono
ONG	Organização não-governamental
URE	Utilização racional da energia
GEE	Gases de efeito de estufa
AFEAS	Estudo de alternativas, ambientalmente aceitáveis aos Fluorocarbonos
CFC	Clorofluorcarboneto
COP	Coeficiente de desempenho do compressor
DOE	Departamento de energia dos Estados Unidos
GWP	<i>Global Warming Potential</i> (Potencial de aquecimento global)
HC	Hidrocarboneto
HCFC	Hidroclorofluorcarboneto
HFC	Hidrofluorcarboneto
ITH	Horizonte de tempo integrado, anos
ODP	<i>Ozone Depletion Potential</i>
TEWI	<i>Total Equivalent of Warming Impact</i>
O₃	Ozono
AVAC	Aquecimento, ventilação e ar condicionado
TEP	Toneladas equivalentes de petróleo

1. INTRODUÇÃO

No primeiro capítulo deste projecto é realizado o enquadramento do problema abordado no trabalho, apresentada a metodologia utilizada e os objectivos do estudo. Conclui-se o capítulo com a apresentação da estrutura do presente documento.

1.1. Motivação

O presente projecto pretende acompanhar a tendência global na procura de alternativas, para a refrigeração comercial em supermercados.

A problemática do aquecimento global do planeta e consequentes e estritas legislações, que têm surgido a nível mundial, impulsionam e motivam cada vez mais a investigação e o desenvolvimento de novas alternativas e soluções. Este facto proporcionou a melhoria e optimização dos sistemas de refrigeração actuais.

1.2. Enquadramento do trabalho

A energia é utilizada diariamente por todos nós, quer no transporte, na preparação dos alimentos, na refrigeração, no fabrico de inúmeros produtos, na iluminação, no abastecimento de água e até mesmo nas actividades de lazer, etc. (EDP, 2006).

A gestão dos recursos energéticos é hoje um dos principais desafios que, a nível mundial, a sociedade moderna enfrenta. Nas últimas décadas, tem-se verificado um elevado desenvolvimento económico e consequentemente uma elevada utilização das fontes de energia. Desta forma, a maneira como utilizamos a energia tornou-se numa preocupação geral, no quotidiano das famílias, empresas e países (Sánchez, 2005).

Relativamente ao alvo de estudo de eficiência energética abordado neste trabalho, os supermercados, são um tipo de edifícios do sector de serviços que apresentam um elevado consumo de energia eléctrica. Ao longo dos últimos anos, o sector da refrigeração tem sido alvo de sucessivas avaliações e discussões relativamente aos seus impactos ambientais (na contribuição para o aquecimento global e para a destruição da camada de ozono) (Peixoto, 2004).

O impacto ambiental de um sistema de refrigeração, pode ser avaliado segundo índices como o *ODP* (*Ozone Depletion Potential*), *GWP* (*Global Warming Potential*), *TEWI* (*Total Equivalent of Warming Impact*) e *LCCP* (*Life Cycle Climatic Performance*) (Pereira, 2010).

É possível minimizar o impacto ambiental de uma instalação frigorífica, através:

- Da escolha mais acertada do refrigerante a utilizar;
- Da escolha de equipamentos mais eficientes;
- Do controlo e manutenção das instalações e equipamentos, de modo a possibilitar o correcto e adequado funcionamento dos mesmos.

1.3. Objectivos do trabalho

O principal objectivo deste projecto é a comparação dos custos, consumos e impactos ambientais entre duas versões de supermercados.

Para isso, realizar-se-á o estudo, desenho e cálculo de duas possíveis versões de instalações frigoríficas destinadas ao mesmo supermercado, uma com equipamentos e sistemas de refrigeração frequentemente utilizados nos supermercados actuais, e outra com sistemas de refrigeração e equipamentos mais eficientes.

Para esta comparação serão avaliados os custos de aquisição dos equipamentos e respectiva instalação frigorífica, os consumos de energia eléctrica dos supermercados e o impacto ambiental resultante de cada uma das propostas. Esta comparação terá a finalidade de seleccionar a melhor opção para o supermercado, tendo em consideração estas três dimensões a analisar.

1.4. Metodologia

A elaboração do projecto compreenderá as seguintes etapas: fundamentação teórica, desenvolvimento do problema, tratamento de dados e elaboração do projecto.

A etapa de fundamentação teórica compreende a revisão bibliográfica e o enquadramento teórico do projecto.

O desenvolvimento do problema consiste no cálculo de um sistema de refrigeração para um supermercado *Standard* e levantamento de potenciais pontos de melhoria. Para concluir esta etapa do projecto, é realizado o cálculo de um outro supermercado designado por supermercado *E*cube*. Este apresenta um sistema de refrigeração e equipamentos frigoríficos mais eficientes comparativamente com os utilizados no supermercado *Standard*.

Por último, a etapa de tratamento de dados consiste na comparação de consumos eléctricos, potencial de impacto ambiental e tempo de *payback* do investimento adicional, entre os dois sistemas de refrigeração, para as versões de supermercado apresentadas.

1.5. Estrutura do relatório

O presente trabalho encontra-se distribuído por oito capítulos e respectivos subcapítulos, de modo a que a informação fique organizada da melhor forma possível, permitindo uma mais fácil e rápida consulta através do índice.

No primeiro capítulo é apresentado o enquadramento do trabalho, sendo este acompanhado pela definição da metodologia e dos objectivos a cumprir com o presente projecto.

No capítulo dois, designado por “Enquadramento Teórico”, é feita a apresentação das temáticas mais importantes para o bom entendimento do desenvolvimento do projecto. Algumas das temáticas que serão abordadas são: energia, eficiência energética, refrigeração, aquecimento global, destruição da camada de ozono, entre outras.

O capítulo três é iniciado com a apresentação sucinta da empresa Carrier Refrigeración Ibérica S.A.. Sendo sucessivamente descrito o caso de estudo e algumas condições técnicas do mesmo.

O capítulo quatro refere-se ao desenvolvimento do projecto. Neste, são calculados e apresentados todos os equipamentos a avaliar no supermercado designado por *Standard*, seguido de uma explanação das propostas de melhoria. O capítulo é concluído com o desenvolvimento do supermercado versão *E*cube*, que englobará as medidas apresentadas na proposta anterior.

No quinto capítulo é apresentada e discutida a avaliação comparativa entre as duas propostas apresentadas no capítulo anterior. Esta avaliação basear-se-á em comparações entre ambas as propostas de investimento das instalações frigoríficas, consumos eléctricos e impacto ambiental.

No sexto capítulo é feita uma síntese do trabalho realizado e apresentação dos resultados obtidos.

Por fim, nos capítulos sétimo e oitavo são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas na elaboração do projecto e anexos, respectivamente.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo, pretende-se rever e sistematizar os conceitos teóricos utilizados neste projecto.

2.1. Energia

A energia é um dos principais motores do desenvolvimento económico e da transformação social, na medida em que está presente em todas as etapas da actividade económica, tanto na parte produtiva como na parte do consumo. Por isso, trata-se de um bem essencial para a economia de um país, assim como um elemento fundamental na estrutura de custos de um sistema produtivo, nunca esquecendo o seu impacto a nível ambiental.

A energia é a força vital da sociedade e dela dependem todas as actividades do nosso dia-a-dia. Estas só são possíveis porque desde cedo o homem tentou tirar o máximo de proveito das energias e das fontes energéticas, tornando-as passíveis de serem exploradas/produzidas, armazenadas e transformadas.

Desta forma, a energia é manifestada sobre várias formas, sendo as mais comuns apresentadas na Figura 1.

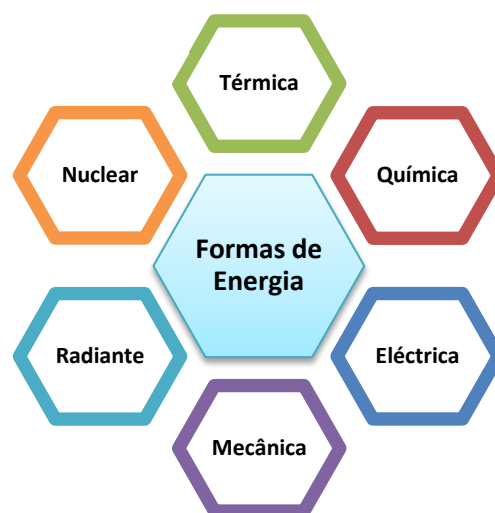


Figura 1 - Formas de Energia

Por outro lado, as fontes de energia dividem-se em dois grandes grupos, as renováveis e as não renováveis. Em geral, a maior parte do consumo de um país advém das energias não renováveis (carvão, petróleo, gás natural, urânio), cujas reservas têm vindo a diminuir ao longo dos últimos anos. O seu nome advém do facto da sua quantidade ser limitada, pois o seu período de renovação é elevado face à taxa a que são consumidas. Contrariamente, as energias renováveis (eólica, solar, geotérmica, maremotriz, biomassa, hidráulica), como o próprio nome indica, são aquelas que se renovam constantemente, podendo assim ser definidas como recursos infinitos. Estas também são conhecidas como energias limpas, pois o seu impacto ambiental é muito reduzido, quando comparado com as energias não renováveis.

Sempre que utilizamos o carro, ligamos o computador, fazemos o jantar, vemos televisão, etc., estamos a utilizar energia. Não é de estranhar, portanto, que a energia tenha uma tão grande importância para todos nós. O nosso estilo de vida pode estar ameaçado e o nosso futuro comprometido, se não forem encontradas novas soluções alternativas às energias não-renováveis. Por essa razão, multiplicam-se os esforços na promoção da utilização racional da energia, e na aposta em fontes de energia renováveis. (EDP, 2006)

Antes de se transformar em calor, frio, movimento ou luz, a energia sofre um percurso de transformação, durante o qual parte desta é desperdiçada. Por sua vez, a que chega ao consumidor final nem sempre é aproveitada da melhor forma. Na Figura 2, são ilustradas, de uma forma simplificada, a transformação das fontes de energia em formas de energia, que por sua vez são consumidas nos diversos sectores de actividade.

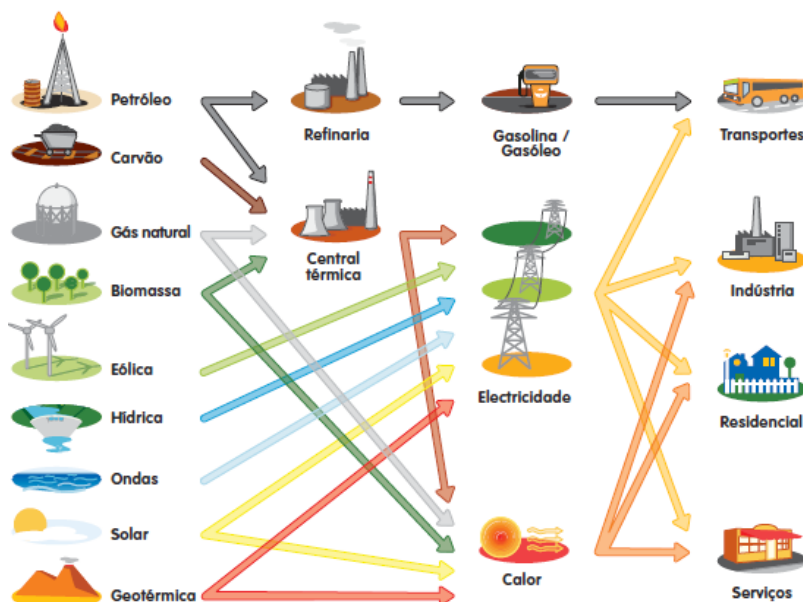


Figura 2 - Representação do ciclo de transformação de fontes de energia (EDP, 2006)

2.1.1. Consumo de energia em Portugal

Em Portugal, o consumo de energia final tem apresentado uma ligeira variação ao longo dos anos. No ano de 2009, o valor total de energia primária consumida em Portugal foi de 18.060 ktep (DGEG, 2011a).

Na figura 3 é possível verificar que o consumo de energia final utilizada em Portugal é proveniente do petróleo (52,9%), seguido da energia eléctrica (22,8%) e da biomassa (9,9%).

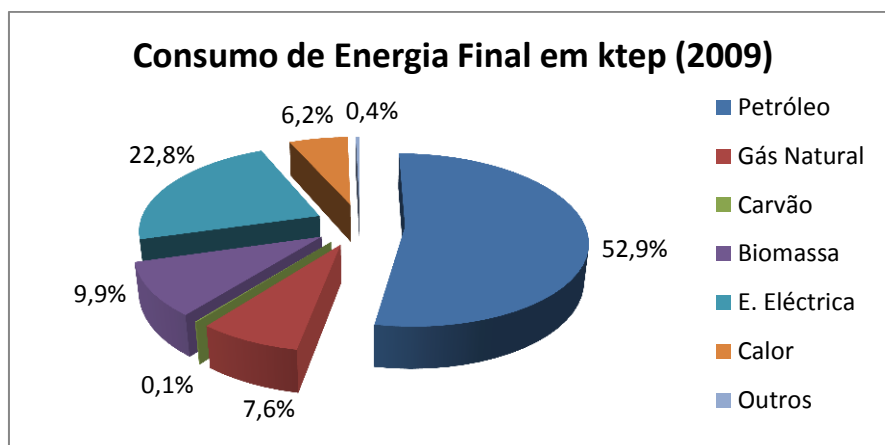


Figura 3 - Percentagem do consumo de energia final em Portugal (2009) (DGEG, 2011a)

A situação energética de Portugal caracteriza-se por uma forte dependência energética. Portugal é um país com escassos recursos energéticos próprios, nomeadamente aqueles que asseguram a generalidade das necessidades energéticas, como petróleo, gás natural e carvão. Esta escassez proporciona uma elevada dependência energética, como pode ser visto na figura que se segue (Figura 4). No entanto, é possível verificar também que a percentagem de dependência energética tem vindo a diminuir ligeiramente ao longo dos últimos anos. Podemos observar, no entanto, que o valor no ano de 2009 ainda é bastante elevado, onde cerca de 81% da energia consumida em Portugal foi importada (DGEG, 2011a).

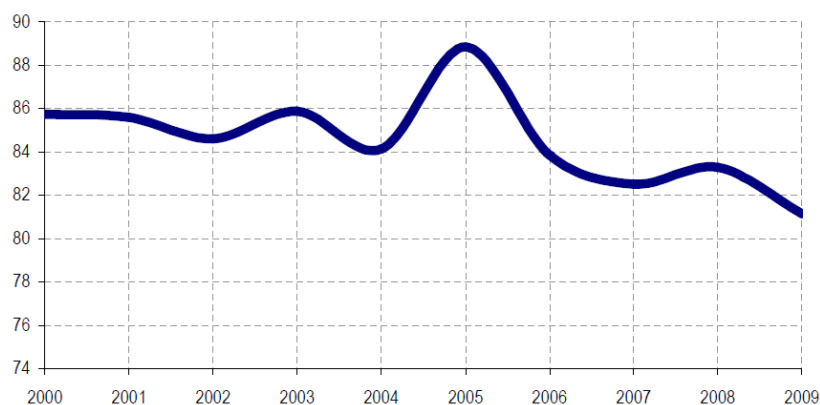


Figura 4 - Percentagem da dependência energética de Portugal ao longo dos anos (DGEG, 2011a)

Esta situação leva a uma forte pressão sobre a balança de pagamentos, a uma enorme dependência económica relativamente ao exterior e a uma economia dependente das flutuações de preço nos produtos energéticos dos mercados internacionais.

A Figura 5 ilustra a variação do consumo energético em Portugal, por sector de actividade, entre o ano de 2000 e 2009. No ano de 2009, os maiores consumidores de

energia foram o sector dos transportes (37%) e o sector da indústria transformadora (27%), seguidos pelo sector doméstico (18%) e sector dos serviços (12%). Por outro lado, o sector da indústria mineira é o que apresenta um consumo de energia mais reduzido entre todos os sectores de actividade, representando apenas 6% do valor total (Soares, 2011).

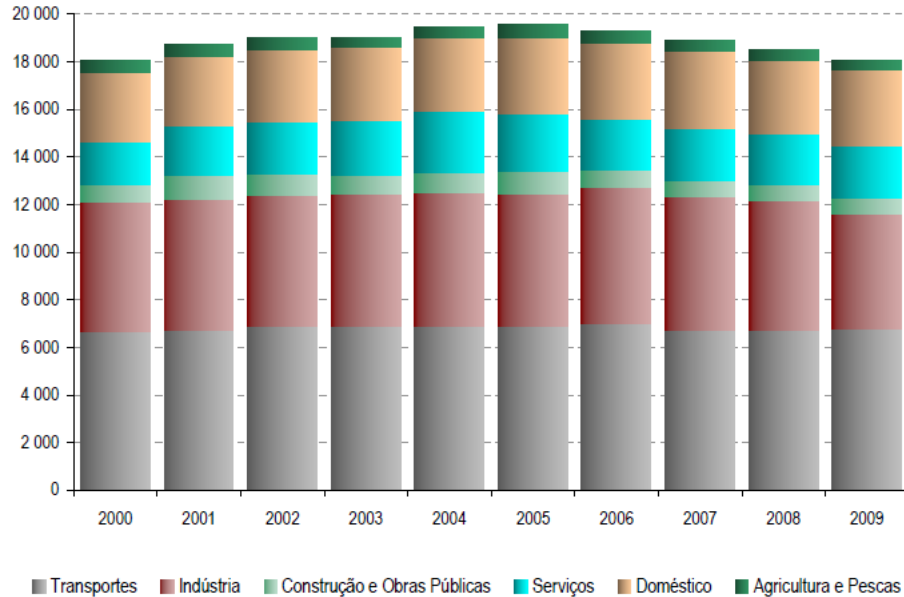


Figura 5 - Consumo energético final por sector de actividade (DGEG, 2011a)

O consumo final de energia específico do sector dos serviços pode ser visualizado na Figura 6. É de realçar que a energia mais utilizada neste sector é a electricidade.

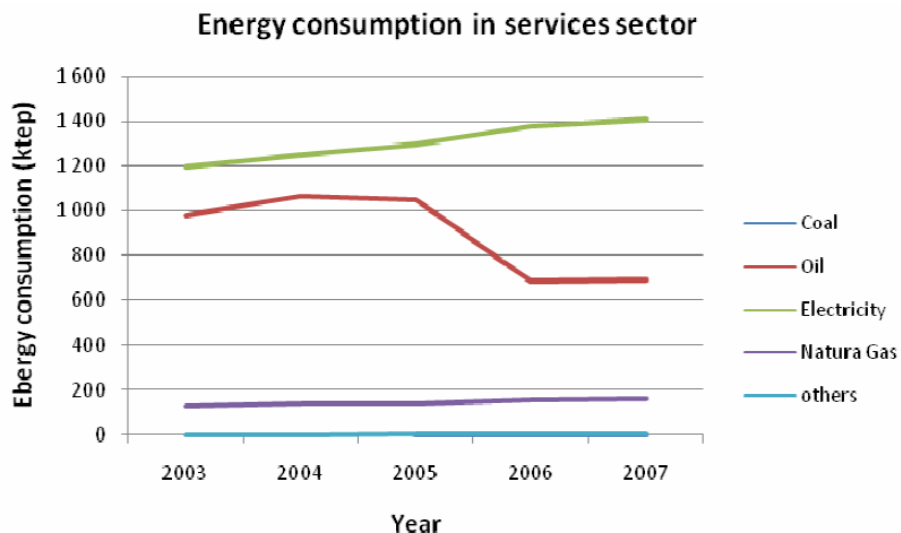


Figura 6 - Consumo final de energia no sector dos serviços (IEE, 2009)

Os edifícios de serviços foram os que evidenciaram uma maior taxa de crescimento do consumo energético entre 1990 e 1999 (7,1% de crescimento médio por

ano). Como grandes consumidores de energia eléctrica, foram os principais responsáveis pelo acentuado crescimento do consumo dessa forma de energia final no país. Como consequência, a percentagem nacional do consumo de electricidade nos edifícios de serviços passou de cerca de 19% em 1980, para 31% em 1999 (DGE, 2002).

Existe uma grande heterogeneidade no sector dos serviços, que vai desde as pequenas lojas até aos grandes hotéis ou grandes superfícies comerciais. É de realçar que dentro da mesma categoria de edifício existem unidades mais ou menos eficientes.

Tendo em conta esta diferenciação, é necessário subdividir o sector dos serviços por tipos de edifícios, dos quais, os mais significativos em termos de consumos específicos, são os restaurantes, hotéis, hipermercados, supermercados, piscinas, hospitais e escritórios.

O consumo energético nos supermercados é bastante elevado. Tal facto pode ser comprovado com o recurso à figura 7 apresentada de seguida. Este tipo de edifícios é dos que apresenta maior consumo dentro do sector dos serviços, ocupando a terceira posição, a par dos hipermercados, entre os edifícios com maior consumo energético por metro quadrado (320 kWh/m²). Assim, estes apresentam-se como alvos preferenciais de apresentação de propostas de melhoria de eficiência energética (DGE, 2002).

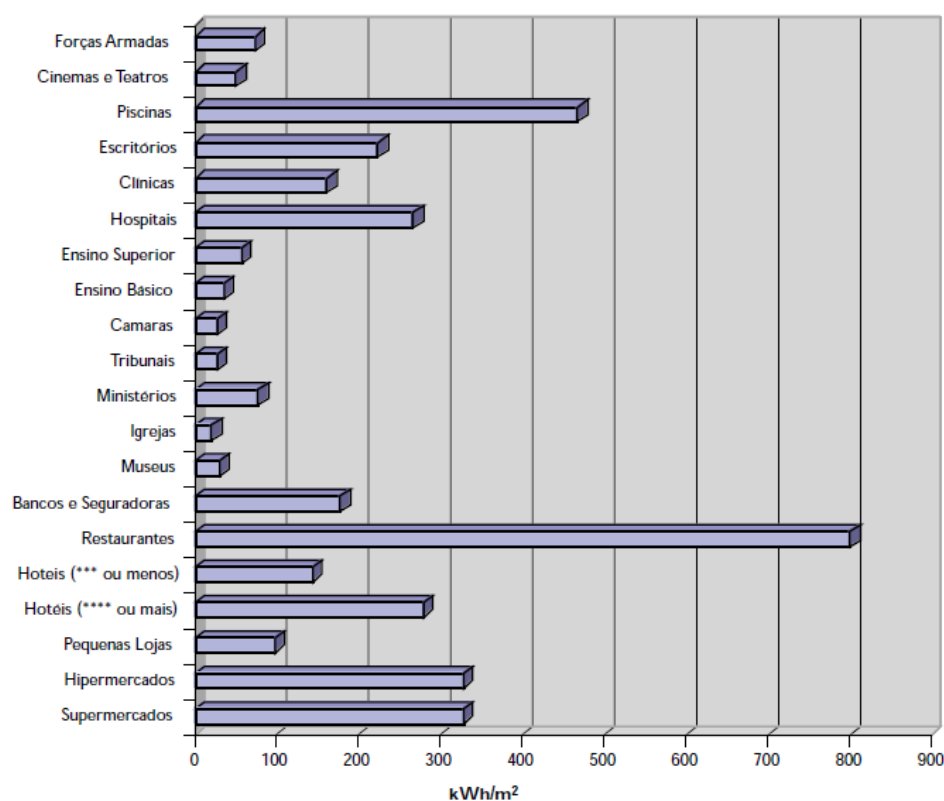


Figura 7 - Consumo energético para cada tipo de edifício (DGE, 2002)

2.1.1.1. Supermercados

Os supermercados, hipermercados e outras grandes superfícies comerciais correspondem à tipologia de edifícios de serviços onde se verificam maiores consumos energéticos. Neste caso, os consumos são essencialmente eléctricos (98% a 99%) (DGE, 2002).

Nos supermercados existem três grandes grupos consumidores de energia eléctrica: a iluminação, a climatização e o sistema de refrigeração. A energia consumida por estes três grupos varia consoante a localização do supermercado e a eficiência dos equipamentos utilizados, entre outros. É de realçar a existência de uma grande variação de consumo entre os supermercados mais e menos eficientes, podendo, em alguns casos, haver diferenças de 50% no valor de consumo de energia eléctrica total (DGE, 2002).

Na Figura 8, podem ser consultados a distribuição dos consumos de energia num supermercado.

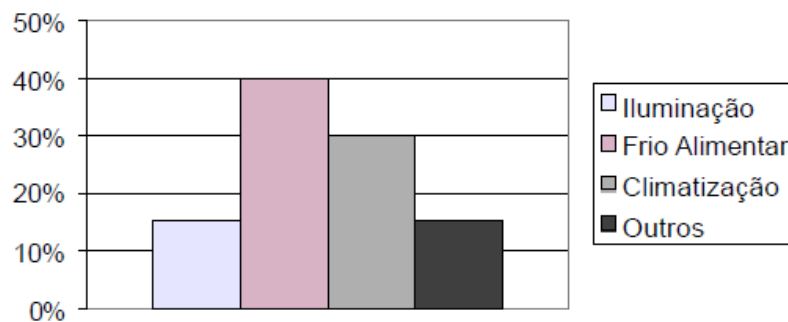


Figura 8 - Distribuição dos consumos de energia num supermercado (Marchioro, 2004)

2.2. Eficiência energética

2.2.1. O que é a eficiência energética?

A eficiência energética pode ser definida como a optimização que podemos fazer no consumo de energia (EDP, 2006).

A eficiência energética tem ganho um papel importante na agenda política dos países mais desenvolvidos. A importância da eficiência energética como objectivo político está relacionado com os benefícios em actividades comerciais, competitividade industrial, segurança energética, assim como benefícios ambientais, como a redução de emissões de CO₂ (Patterson, 1996).

A eficiência energética é um termo genérico e não há nenhuma medida quantitativa inequívoca de "eficiência energética". Em vez disso, devem ser tidos em consideração uma série de indicadores para quantificar mudanças na eficiência energética. Em geral, a eficiência energética refere a utilização de menos energia para produzir a mesma quantidade de serviços ou de *output* útil. Por exemplo, no sector industrial, a eficiência energética pode ser medida pela quantidade de energia necessária para produzir uma tonelada de produto. Assim, a eficiência energética, é frequentemente definida pela relação simples (Patterson, 1996):

$$\text{Eficiência Energética} = \frac{\text{Saída útil de um processo}}{\text{Entrada de energia para um processo}}$$

Nos dias que correm, a satisfação das necessidades energéticas do mundo assenta sobretudo na exploração dos combustíveis fósseis. A limitação da quantidade de reservas, associada ao incremento exponencial da sua utilização apresentam-se como um grave problema a resolver.

Estima-se que, até 2050, a procura de energia pode duplicar ou triplicar, à medida que a população aumenta e os países desenvolvidos expandem a sua actividade (ADENE & DGEG, 2010).

A utilização eficiente de energia assume, desta forma, um papel importantíssimo na operacionalização do desenvolvimento sustentável, tornando-se essencial a criação de estratégias e iniciativas a longo prazo que proporcionem um melhor e mais correcto aproveitamento dos recursos energéticos.

Como referido anteriormente, à transformação de energia e ao seu consumo estão associados perdas. A eficiência energética pressupõe a implementação de estratégias e medidas para combater estes desperdícios de energia ao longo do processo de transformação: desde que a energia é transformada até quando é utilizada.

A eficiência energética acompanha todo o processo de produção, distribuição e utilização da energia, que pode ser dividido em duas grandes fases: a transformação e a utilização (CCE, 2007).

Transformação:

A energia está presente na natureza sob diferentes formas e, para ser utilizada, necessita de ser transformada. Durante essa transformação, parte da energia perde-se, originando desperdícios prejudiciais para o ambiente. Parte destas perdas são inevitáveis

e devem-se a questões físicas, outra parte resulta de um mau aproveitamento e falta de optimização dos sistemas que a utilizam.

Neste contexto, têm-se multiplicado as iniciativas para a promoção da eficiência energética. Empresas, governos e ONG's têm investido fortemente na melhoria dos processos e na pesquisa de novas tecnologias energéticas, mais eficientes e “amigas” do ambiente, assim como no aproveitamento das energias renováveis.

Utilização:

O desperdício de energia não se fica apenas pela fase de transformação ou conversão, estando também presente durante o consumo da mesma.

Nesta fase, a eficiência energética é frequentemente associada ao termo "Utilização Racional da Energia" (URE), que pressupõe a adopção de medidas que permitem uma melhor utilização da energia. Através da escolha, aquisição e utilização adequada dos equipamentos a utilizar numa determinada acção, é possível alcançar significativas poupanças de energia, manter o conforto e aumentar a produtividade das actividades, com claras vantagens do ponto de vista económico e ambiental. Enquanto que a eficiência energética durante a transformação da energia depende apenas de um número restrito de actores, na utilização, depende de todos nós (EDP, 2012).

2.3. Impactes da energia no ambiente

É certo que a energia está associada ao conforto e qualidade de vida, no entanto, o seu consumo em excesso começa a ser questionado, já que pode representar sérios danos para o ambiente. Este consumo exagerado pode ter repercussões locais e regionais (tal como a poluição do ar e da água ou a modificação do ecossistema), assim como pode ter impactes ao nível do ambiente global, tal como as emissões dos Gases com Efeito de Estufa (GEE) oriundos dos combustíveis fósseis, ou as consequentes alterações climáticas que se começam a fazer sentir (ADENE & DGEG, 2010).

De acordo com o relatório publicado pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2007), a actividade industrial é a principal responsável pelo aquecimento do planeta Terra. Segundo as projecções apresentadas no documento, a temperatura média pode aumentar de 1,5 a 4,0°C até o final do século, o que provocará uma elevação de aproximadamente 60 cm no nível dos oceanos, além de graves desequilíbrios climáticos (MMA, 2007).

Devem ser tomadas certas medidas para reduzir as emissões de gases que contribuem para o efeito de estufa. Com estas, será possível evitar que o clima se torne ainda mais imprevisível, originando impactos directos negativos sobre os ecossistemas terrestres, nos diversos sectores socioeconómicos mundiais, na saúde pública e na qualidade de vida das pessoas em geral.

2.4. Impacto das aplicações de refrigeração sobre o aquecimento global

No decurso do século XX, a sociedade foi alvo de uma forte evolução tecnológica, no sector industrial e em especial na área dos transportes, comunicações, saúde e alimentação. Esta forte mudança trouxe consigo, numa primeira fase, inúmeros benefícios. No entanto, algumas dessas actividades trouxeram consigo consequências indesejáveis que se reflectiram, até aos dias de hoje, numa preocupação a nível mundial (Pereira, 2010).

Nas últimas décadas, a forte polémica associada ao aquecimento global, fruto do aumento exponencial da libertação de gases de efeito de estufa para a atmosfera, passou a fazer parte das preocupações globais da sociedade em geral. As potências mundiais têm vindo a procurar acções ou legislações que minimizem os efeitos deste fenómeno, paralisando ou substituindo processos inadequados de produção industrial, por outros que não produzam os mesmos problemas.

O sector da refrigeração surge então como um dos que mais tem vindo a contribuir para o aquecimento global do planeta. Após o protocolo de Quioto, alguns dos fluidos utilizados em sistemas de refrigeração foram incluídos nos gases que contribuíam para o efeito de estufa (HFC). Assim, a investigação ao nível de alternativas destes gases tornou-se uma necessidade premente.

O impacto ambiental de um fluido refrigerante pode ser avaliado com base na sua influência sobre a camada de ozono e sobre o potencial de aquecimento global (Pereira, 2010).

Em relação ao impacto do fluido refrigerante sobre a camada de ozono, considera-se o parâmetro de medição: *ODP (Ozone Depletion Potential)*.

A avaliação do aquecimento global, por sua vez, baseia-se em índices como o *GWP (Global Warming Potential)*, *TEWI (Total Equivalent Warming Impact)*, e *LCCP (Life Cycle Climatic Performance)*, explicados mais adiante (Pereira, 2010).

2.4.1. Ozone Depletion Potential (ODP)

O ozono (O_3) é um gás cuja molécula contém três átomos de oxigénio (O). Cerca de 90% do ozono que existe na atmosfera encontra-se na estratosfera, entre 10 a 50 Km acima da superfície terrestre; mas as maiores concentrações de ozono aparecem a altitudes aproximadamente entre 15 e 35 Km, constituindo o que se denominou por “Camada de Ozono” (Vega, 2008)

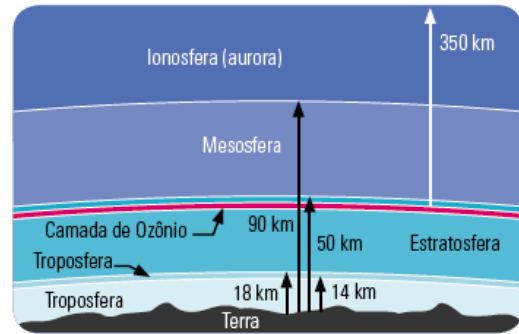


Figura 9 - Representação da Camada de Ozono

O *Ozone Depletion Potential* é o índice que traduz o potencial de uma substância para a destruição da camada de ozono. Para este índice, é tomado como referência o refrigerante CFC11, que apresenta o maior valor de potencial ($ODP = 1$). Embora o ODP de um refrigerante não esteja directamente relacionado com o seu desempenho energético, este critério é um dos factores relevantes a ter em consideração na eleição de um fluido refrigerante.

O ODP em regime permanente representa a quantidade de ozono destruído na emissão contínua de um gás, ao longo da vida atmosférica deste, e pode ser definido pela relação apresentada de seguida (Pereira, 2010):

$$ODP_{sub\ x} = \frac{\text{Mudança global de } O_3 \text{ devido à massa unitária do fluido refrigerante "x"}}{\text{Mudança global de } O_3 \text{ devido à massa unitária do fluido CFC11}}$$

Para o cálculo do ODP de uma substância, a mudança global de ozono devido à massa desta substância deve ser determinada por modelos numéricos. Uma aproximação semi-empírica baseada em observações na troposfera-estratosfera é definida pela equação que se segue (Pereira, 2010) .

$$ODP = \Phi \cdot \varphi \cdot \frac{\tau_x}{\tau_{CFC11}} \cdot \frac{P^m_{CFC11}}{P^m_x} \cdot \frac{\omega_x}{3}$$

Onde:

Φ	Factor de eficiência de degradação relativa
φ	Factor relacionado à libertação de radicais halógenos
τ_x	Vida de uma substância “x”
τ_{CFC11}	Vida de uma substância CFC11

P^m_x	Peso molecular de uma molécula “x”
P^m_{CFC11}	Peso molecular de uma molécula CFC11
ω_x	Número de átomos halógenos da molécula “x”

Na Tabela 1, podem ser consultados os valores de *ODP* das principais substâncias que contribuem para a destruição da camada de ozono, bem como o respectivo tempo de vida na atmosfera.

Tabela 1 - Níveis de *ODP* de substâncias que contribuem para a destruição da camada de ozono (Adaptado de: DGA, 2005)

Substância	<i>ODP</i>	Tempo de vida na Atmosfera (anos)
CFC-11	1,00	60
CFC-12	1,00	120
CFC-113	0,80	90
CFC-114	1,00	200
CFC-115	0,60	400
Halon-1201	10,00	110
Halon-1211	3,00	25
Halon-2402	6,00	28
Tetracloroeto de carbono	1,10	50
1.1.1-Tricloroetano	0,10	6,3
HCFC-22	0,04	13,3
HCFC-141b	0,10	9,4
HCFC-142b	0,05	19,5
Brometo de metilo	0,60	1,3

2.4.2. Efeito de estufa

A temperatura da superfície terrestre aumentou cerca de 0,5°C desde 1975, existindo um consenso de que este aquecimento global é em parte, consequência do aumento das emissões antropogénicas de GEE. Resumidamente, quando a radiação proveniente do sol atinge a superfície da Terra, parte desta radiação é absorvida, enquanto que a restante é reflectida para o espaço (IPCC, 2001).

Os GEE contribuem em parte para a redução da eficiência com que a Terra irradia para o espaço, desencadeando um aumento da temperatura da superfície terrestre (IPCC, 2001). Como GEE temos: o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nítrico (N₂O), os hidrofluorcarbonetos (HFC), os perfluorcarbonetos (PFC), os hexafluoretos de enxofre (SF₆), o vapor de água (H₂O) e o ozono (O₃) (Wiegard, 2001).

Os gases de efeito de estufa têm diferentes potenciais de aquecimento global (*GWP – Global Warming Potential*), que de uma forma sucinta, correspondem à capacidade que determinado gás possui para absorver a radiação na atmosfera, durante um determinado horizonte temporal (Hendrix & Willson, 2007). Na Figura 10, são representadas as contribuições de cada sector para o efeito de estufa em Portugal, entre 1995 e 2006.

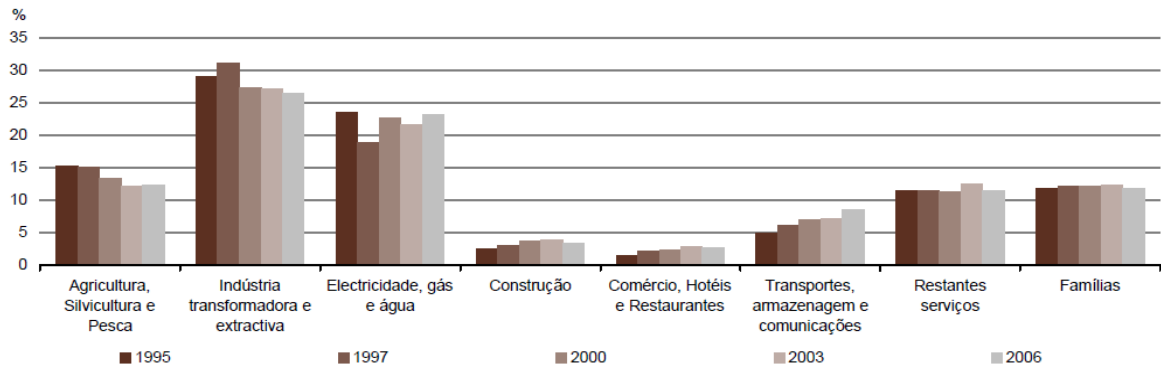


Figura 10 - Contribuição de cada sector para o Efeito de Estufa em Portugal (% do Total) (INE, 2009)

2.4.2.1. *Global Warming Potential (GWP)*

O *Global Warming Potential* é o indicador que mede o impacto de uma substância, como um gás de efeito de estufa, relativamente ao efeito do aquecimento global de uma massa similar de dióxido de carbono, para um intervalo de tempo específico (cujo valor deve ser especificado, mas que normalmente é de 100 anos).

O *GWP* é calculado através da razão entre o efeito radiante temporal integrado na libertação instantânea de 1 kg de uma dada substância, face à libertação de 1 kg de um gás de referência – CO₂, conforme a equação seguinte (Pereira, 2010).

$$GWP(x) = \frac{\int_0^{ITH} a_x[x(t)]dt}{\int_0^{ITH} a_r[r(t)]dt}$$

Onde:

ITH Horizonte de tempo dentro do qual o cálculo é considerado

a_x, a_r Eficiência radiante devido ao crescimento unitário na abundância atmosférica da substância em questão

$x(t), r(t)$ Decaimento transiente na abundância da libertação instantânea de substância, e as quantidades correspondentes para o gás de referência no denominador

Na Tabela 2, estão identificados os valores de *GWP* de alguns refrigerantes seleccionados.

Tabela 2 - *GWP* dos refrigerantes mais comuns na actualidade (Adaptado de: Alvarado, Passaro & Stefano, 2004)

Classificação Grupo Segurança	Refrigerante Nº	Denominação (composição)	Potencial de aquecimento global <i>GWP</i>
A1	R-134 ^a	Tetrafluoretano	1300
A1	R-404 ^a	R-125/143a/134 ^a	3260
A1	R-407C	R-32/125/134 ^a	1520
A1	R-410 ^a	R-32/125	1720
A1	R-507 ^a	R-125/143 ^a	3300
A1	R-718	Água	0
A1	R-744	Dióxido de Carbono	1
B2	R-717	Amoníaco	0
A3	R-290	Propano	3
A3	R-600	Butano	3

Como pode ser comprovado com a tabela acima citada, os refrigerantes do tipo HFC têm valores de *GWP* bastante elevados. Devido a estes altos índices, que contribuem para o efeito de estufa, tem-se vindo a projectar e a estudar a utilização de refrigerantes menos contaminantes, como é o caso dos refrigerantes naturais (HC, NH₃, H₂O e CO₂).

2.4.2.2. *Total Equivalent of Warming Impact (TEWI)*

O indicador de *TEWI* foi desenvolvido no início dos anos 90, a pedido do AFEAS¹ e do DOE², como um índice comparativo do impacto de aquecimento global, entre aplicações de refrigeração semelhantes e que utilizavam diferentes fluidos refrigerantes. Este indicador procura combinar os efeitos do aquecimento global, originado pela libertação de CO₂ equivalente na atmosfera, resultante do consumo de energia eléctrica, ao longo da vida útil de um sistema de refrigeração (efeito indirecto), com os efeitos resultantes da emissão directa na atmosfera, do fluido refrigerante usado por este sistema (efeito directo).

Assim, a porção de refrigerante é convertida numa quantidade equivalente de CO₂ ($CO_2eq_{DIRECTO}$) e então adicionada às emissões equivalentes de CO₂ causadas pelo consumo de energia eléctrica ($CO_2eq_{INDIRECTO}$), dando origem ao *TEWI*, expressa pela equação que se segue.

¹ AFEAS: Estudo de alternativas, ambientalmente aceitáveis aos Fluorocarbonetos

² DOE: Departamento de energia dos Estados Unidos

$$TEWI = CO_2equ_{DIRECTO} + CO_2equ_{INDIRECTO}$$

Deve ter-se em conta que, tanto o componente directo como o indirecto dependem do sistema em questão, não fazendo sentido apresentar o *TEWI* para um refrigerante em particular, pois os vazamentos de refrigerante e eficiência energética do sistema não são propriedades do refrigerante em si (Pereira, 2010).

As parcelas associadas aos impactos directo e indirecto são dadas pelas equações seguintes.

$$CO_2equ_{DIRECTO} = Impacto_{Fugas} + Impacto_{PerdasRecup.}$$

- $Impacto_{Fugas} = GWP \times L \times n$
- $Impacto_{PerdasRecup.} = GWP \times m (1 - \alpha_{recuperação})$

Onde:

$Impacto_{Fugas}$	Impacto ambiental provocado pelo vazamento de refrigerante
$Impacto_{PerdasRecup.}$	Impacto ambiental provocado pelas perdas de refrigerante na recuperação
GWP	Índice de <i>Global Warming Potential</i> , do refrigerante da instalação frigorífica, com horizonte de tempo integrado de 100 anos
L	Fugas de refrigerante, expresso em Kg/ano
n	Vida útil económica do equipamento, em anos
m	Carga de refrigerante da instalação, em Kg
$\alpha_{recuperação}$	Factor de recuperação, de 0 a 1

$$CO_2equ_{INDIRECTO} = n \times E_{anual} \times \beta$$

Onde:

n	Vida útil económica do equipamento
E_{anual}	Consumo energético da instalação, em kWh/ano
β	Emissão de CO ₂ , em Kg/kWh

O índice *TEWI* é utilizado como forma de comparação entre o impacto de aquecimento global entre sistemas de refrigeração e diferentes fluidos refrigerantes. Porém, devido às considerações utilizadas no seu cálculo, o mesmo não deve ser o único factor a ser analisado, na hora de se escolher a melhor alternativa para uma dada aplicação de refrigeração. Para tal, deve-se ainda considerar outros factores tais como: segurança, custos, reciclagem e factores ambientais e energéticos.

Em refrigeração, o uso do *TEWI* é associado à optimização de sistemas, onde o principal objectivo é a diminuição do impacto no aquecimento global. Neste caso, a redução do impacto ambiental pode ser alcançada com:

- Uso de fluídos refrigerantes com índices *GWP* menores;
- Redução nas emissões de refrigerantes (vazamentos, por exemplo);
- Melhoria no desempenho dos equipamentos, de forma a reduzir o consumo de energia eléctrica.

2.4.2.3. Life Cycle Climate Performance (LCCP)

O conceito de *LCCP* é mais abrangente do que o do *TEWI*. Este indicador, calcula o impacto ao longo da vida útil de um equipamento devido à emissão directa e indirecta de gases do efeito de estufa. No seu cálculo estão incluídas as emissões resultantes da produção das substâncias químicas que compõem o sistema, a energia envolvida na produção dos componentes, a energia consumida na operação e as emissões aquando da disposição final ou reciclagem do equipamento (Peixoto, 2004) .

O conceito de *LCCP* corrige certos “erros” específicos na aplicação de análises baseadas no *TEWI*, como:

- Não inclusão de energia e emissão de gases de efeito de estufa associados à produção de refrigerantes;
- Uso inadequado do ITH de 100 anos, em conjugação com certos gases de efeito estufa de longa vida;
- Não consideração das perdas/emissões associadas aos fluídos de trabalho no fim de vida de produto.

Tendo em conta os diferentes índices possíveis no cálculo do impacto ambiental de um fluido refrigerante, para o presente projecto, os índices seleccionados de avaliação serão o *GWP* e o *TEWI*.

Não se compararão os valores de *ODP* porque os refrigerantes a utilizar serão do tipo HFC e refrigerantes naturais, que não contribuem para a destruição da camada de ozono.

Por outro lado, relativamente aos índices de avaliação de aquecimento global, descartou-se o *LCCP* dado que, após realização de pesquisa, não foi possível encontrar dados relativos à energia e emissão de efeito de estufa associados à produção dos refrigerantes.

2.5. Refrigeração

Desde a pré-história que o Homem tem tido a necessidade, ou vontade, de obter formas de refrigeração, que façam com que alimentos ou outros produtos alcancem temperaturas inferiores à do ambiente.

Entende-se por refrigeração, a extracção de calor de uma substância que se quer refrigerar, com a finalidade de conseguir que a sua temperatura desça, comparativamente com a temperatura do meio ambiente.

As aplicações de refrigeração mais comuns são:

- Refrigeração doméstica;
- Refrigeração comercial;
- Refrigeração industrial;
- Refrigeração marítima e de transporte;
- Refrigeração criogénica³;
- Ar condicionado para conforto;
- Ar condicionado industrial.

2.5.1. Sistemas de refrigeração

Um sistema de refrigeração é também designado por alguns autores como circuito de refrigeração ou circuito frigorígeno.

¹ **Criogenia:** é um ramo da físico-química que estuda tecnologias para a produção de temperaturas muito baixas (abaixo de -150°C).

Na Figura 11, são representados os quatro componentes básicos que constituem um sistema de refrigeração.

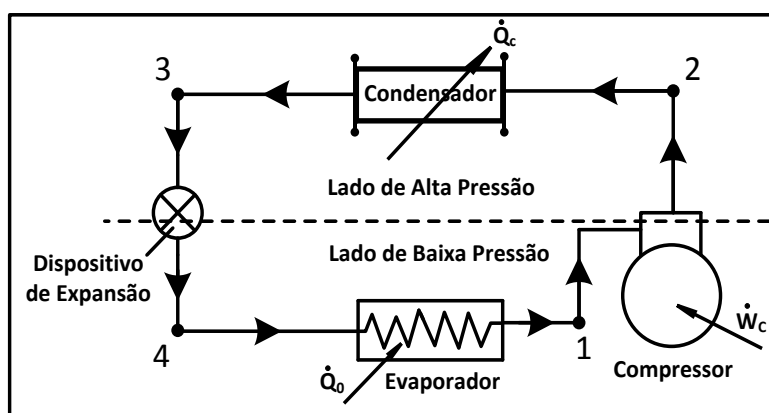


Figura 11 - Sistema básico de refrigeração (Pirani, 2004)

Silva (2004) explica este sistema básico de refrigeração do seguinte modo:

O compressor (1) promove a circulação do fluido ou gás refrigerante por todo o circuito e, com o auxílio do dispositivo de expansão (3), eleva a pressão no condensador (2) e reduz a pressão no evaporador (4). As setas da Figura 11 indicam o sentido de circulação do fluido ou gás refrigerante.

O condensador (2) tem a função de eliminar (rejeitar) o calor absorvido pelo evaporador (4) somado ao calor promovido pela compressão efectuada pelo compressor (1). Com essa eliminação de calor, o fluido refrigerante entra no condensador, no estado físico “vapor” e transforma-se em “líquido”.

O Evaporador (4) absorve calor do ambiente interno, e com essa absorção de calor, o fluido refrigerante que sai do dispositivo de expansão (3) e entra neste em estado líquido, vai-se evaporando.

O dispositivo de expansão (3) restringe ou dificulta a passagem do fluido refrigerante “líquido” que vem do condensador para o evaporador e, com essa restrição, provoca uma elevação de pressão no condensador e uma redução brusca no evaporador, ocorrendo então refrigeração.

2.5.2. Análise da eficiência de um sistema de refrigeração

A eficiência de um ciclo de refrigeração pode ser analisada através do coeficiente de performance (*COP*). O *COP* é normalmente utilizado para se avaliar a relação entre a

capacidade de refrigeração obtida e o trabalho gasto para tal, sendo definido por (Ananthanarayanan, 2006):

$$COP = \frac{Energia\ Util}{Energia\ Gasta} = \frac{Q_E}{\dot{W}_C}$$

Onde:

Q_E Potência de refrigeração, em kW;

\dot{W}_C Potência de compressão, em kW.

2.5.3. Refrigerantes

Fluido frigorífico, fluído refrigerante ou, simplesmente refrigerante, é o fluido que absorve calor de uma substância ou ambiente a ser refrigerado.

No início do século XX os refrigerantes mais comuns no mercado eram o amoníaco (NH_3), o dióxido de enxofre (SO_2) e o dióxido de carbono (CO_2), sendo os dois primeiros extremamente tóxicos. Derivado deste facto, as indústrias de refrigeração, desenvolveram refrigerantes atóxicos, surgindo então os CFC's e os HCFC's (CEFET, 2008).

Depois da descoberta dos efeitos nefastos associados à utilização dos CFC's e HCFC's para com a camada de ozono (durante os anos 70), foi decretada a diminuição progressiva de utilização, até à proibição destes em novos sistemas de refrigeração, durante o período mediado entre 1990 e 2010. As alternativas químicas introduzidas pelos fabricantes, deram origem aos refrigerantes do tipo HFC e às suas misturas (R134a, R507, R404A, R407C, R410A, etc.). No entanto, o efeito estufa e as restrições resultantes do uso de refrigerantes sintéticos fluorados, com elevado potencial de aquecimento global (em alguns casos superior aos valores dos CFC e HCFC que substituíram), levaram também à recente reavaliação de substâncias naturais, a fim de as usar como refrigerantes em sistemas de refrigeração de supermercados.

As características a ter em consideração na hora da escolha de um refrigerante para um sistema de refrigeração são (Rhiemeier, Harnisch, & Ters, 2009):

- *Ozone Depletion Potential* nulo;
- *Global Warming Potential* reduzido;

- Alta eficiência energética - incluindo elevada capacidade de transferência de calor e condutividade térmica, reduzida viscosidade e elevada eficiência durante a compressão;
- Quimicamente estável, a fim de impedir a deterioração durante o fim de alta compressão;
- Pressões no sistema de refrigeração;
- Não inflamável, não tóxico e não corrosivo;
- Custo de aquisição reduzido;
- Compatíveis com os materiais do sistema de refrigeração;
- Elevado calor de evaporação em relação ao volume específico de sucção do compressor;
- Evaporar-se a pressões acima da atmosférica;
- Ponto de congelação inferior à temperatura de evaporação;
- Fácil detecção de fugas.

É de salientar o facto de que nenhum refrigerante, até aos dias de hoje, é capaz de atender a todas as características anteriormente mencionadas. Entre uma variedade de refrigerantes possíveis, a escolha de refrigerante mais adequada deve ser seleccionada de acordo com o caso da aplicação ou tipo de sistema.

Na figura que se segue (Figura 12) é simplificada a apresentação dos refrigerantes, com a subcategorização do tipo e família, apresentando-se também alguns exemplos dos mesmos.

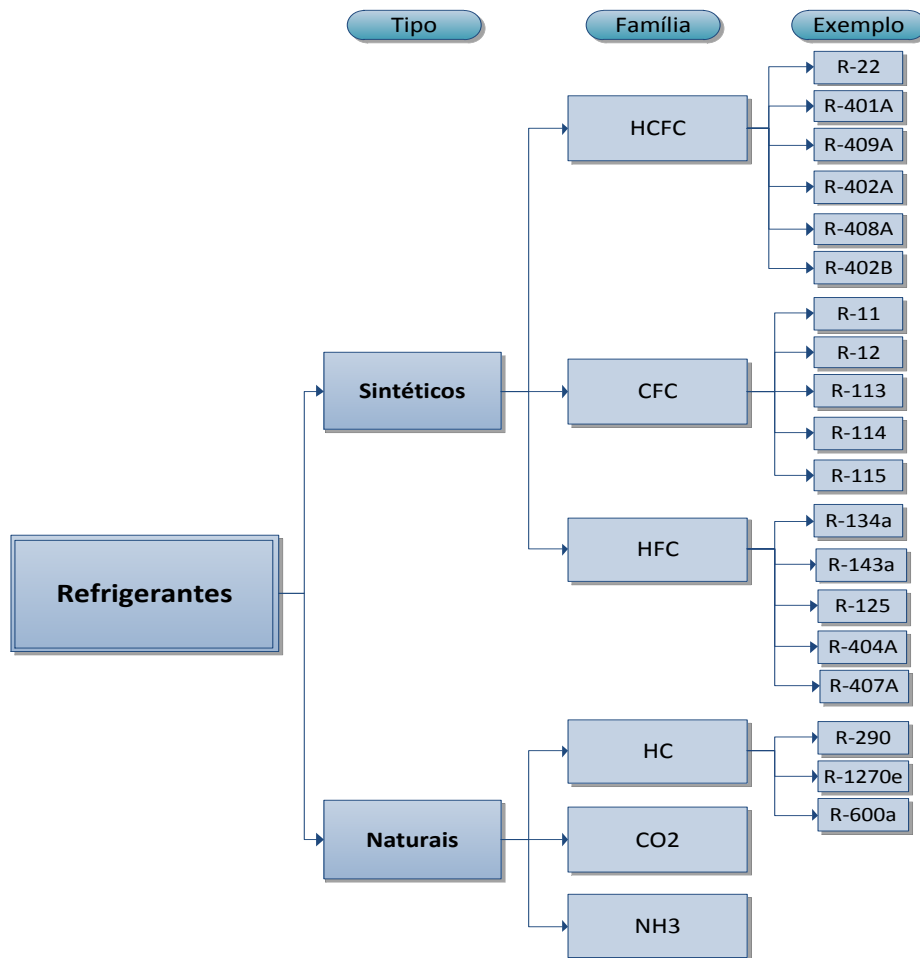


Figura 12 - Refrigerantes sintéticos e naturais usados na refrigeração

2.5.3.1. Refrigerantes sintéticos

Os refrigerantes sintéticos são refrigerantes produzidos a partir de substâncias químicas. Os tipos de refrigerantes incluídos nesta categoria são: CFC, HCFC e HFC (Barreras, 2004).

2.5.3.1.1. CFC

Denominam-se por clorofluorcarboneto, clorofluorocarboneto ou clorofluorcarbono (CFC). Grupo de compostos pertencente à função orgânica derivados halogenados, obtidos principalmente pela halogenação do metano. São derivados dos hidrocarbonetos saturados, obtidos mediante a substituição de átomos de hidrogénio por átomos de cloro e flúor. Possuem elevados níveis de *ODP* e de *GWP*.

2.5.3.1.2. HCFC

Família de compostos químicos que possui os elementos hidrogénio, cloro, flúor e carbono na sua composição. Surgiram como alternativa aos CFC's.

2.5.3.1.3. HFC

Os hidrofluorcarbonetos ou hidrofluorcarbonetos são uma família de compostos químicos que possuem elementos de hidrogénio, flúor e carbono na sua constituição.

Por não conterem cloro como os CFC's, não contribuem para a destruição da camada de ozono; no entanto, apresentam em alguns casos, um valor de *GWP* superior aos dos CFC's e HCFC's.

2.5.3.2. Refrigerantes naturais

Os hidrocarbonetos, o amoníaco, o dióxido de carbono, a água e o ar, fazem parte de um grupo de substâncias chamado de “refrigerantes naturais”. Todos os refrigerantes, naturais existem em ciclos materiais da natureza, mesmo sem interferência humana.

Evolução e inovações tecnológicas ajudaram a considerar os refrigerantes naturais como uma solução segura e económica para aplicações específicas. Sistemas de refrigeração com refrigerantes naturais poderão ter um papel cada vez mais importante no futuro (López, 2005).

2.5.3.2.1. HC

Actualmente os hidrocarbonetos, gases naturais compostos unicamente por hidrogénio e carbono, têm sido apresentados como novas alternativas para a refrigeração.

2.5.3.2.2. CO₂

O CO₂ (dióxido de carbono – R-744) foi um dos primeiros refrigerantes a ser utilizado em sistemas de refrigeração, sendo amplamente utilizado até meados da década de 30. Com o surgimento dos fluidos CFC's e HCFC's, a utilização do CO₂ foi perdendo mercado até ser praticamente extinto no início dos anos 60. Com os problemas ambientais e o estabelecimento dos Protocolos de Montreal e de Quioto, o CO₂ ressurge como uma alternativa promissora a ser utilizada em muitas aplicações, nos vários sectores de refrigeração (MMA, 2007).

2.5.3.2.3. NH₃

O amoníaco (NH₃) é uma substância 100% natural, constituído por um átomo de nitrogénio (N) e três de hidrogénio (H). O amoníaco tem um reduzido tempo de vida

(menos de 14 dias), não interage com a Camada de Ozono ($ODP=0$) e não contribui para o aquecimento global ($GWP=0$) (MMA, 2007).

O amoníaco apresenta excelentes características para o uso em sistemas de refrigeração, no entanto, tem restrições na sua aplicação, decorrente do seu elevado índice de toxicidade.

2.5.3.3. Resumo dos refrigerantes mais comuns

Tendo em conta os diferentes tipos de refrigerantes, foram seleccionados alguns dos mais utilizados na actualidade e elaborada uma tabela com as suas características mais relevantes.

Relativamente ao potencial de aquecimento global (GWP), apresentado na Tabela 3, este tem como base um tempo de vida de CO_2 de 100 anos. As linhas sublinhadas a azul referem-se aos refrigerantes naturais.

Tabela 3 - Características a ter em conta na escolha de um refrigerante (Batle, 2010)

	Temperatura de ebulição (°C)	Temperatura Crítica	Pressão (bar) à temperatura de ebulição (°C)			Inflamabilidade	Toxicidade	ODP	GWP
			-30	0	40				
R22	-40,8	96,1	1,6	5,0	15,3	Não	Não	0,04	1810
R134a	-26,1	101,1	0,8	2,9	10,2	Não	Não	0	1430
R404A	-46,5	72,1	2,1	6,1	18,2	Não	Não	0	3900
R407C	-43,6	86,0	1,9	5,6	17,5	Não	Não	0	1800
R410A	-51,4	72,5	2,7	8,0	24,3	Não	Não	0	2100
R507A	-46,7	70,9	2,1	6,2	18,7	Não	Não	0	4000
R600a Isobutano	-11,7	134,7	0,5	1,6	5,3	Sim	Não	0	~20
R290 Propano	-42,2	96,7	1,7	4,7	13,7	Sim	Não	0	~20
R1270e Propeno	-47,7	92,4	2,1	5,9	16,5	Sim	Não	0	~20
R717 Amoníaco	-33,3	132,3	1,2	4,3	15,5	Sim	Sim	0	<1
R744 Dióxido de Carbono	-78,4	31,0	14,3	34,6	90 – 120	Não	Não (<10%)	0	1

Pela análise da tabela anterior, é possível concluir que os refrigerantes naturais não prejudicam o meio ambiente e são tecnicamente eficientes para um leque de aplicações. Sendo assim, o uso do dióxido de carbono como refrigerante tem vindo a converter-se ao longo dos últimos anos numa boa opção no que diz respeito aos sistemas de refrigeração em supermercados. Dessa forma, esta substância tem sido fortemente estudada por empresas e instituições preocupadas com o futuro do planeta, a fim de se desenvolverem novas aplicações para o mesmo.

É de realçar que o CO₂ é o único refrigerante de origem natural que não apresenta problemas de toxicidade nem de inflamabilidade, o que lhe proporciona a designação de fluido frigorífico do futuro (Batle, 2010).

3. CASO DE ESTUDO

Neste capítulo pretende-se fazer uma breve apresentação da empresa Carrier Refrigeración Ibérica S.A., assim como uma introdução ao problema a tratar no desenvolvimento do projecto.

3.1. Apresentação da empresa

3.1.1. United Technologies Corporation (Grupo UTC)

A United Technologies Corporation (UTC), sediada em Hartford, Connecticut, é uma empresa fornecedora de diversos tipos de serviços e produtos de alta-tecnologia para diferentes áreas de mercado. É uma empresa que tem apresentado um elevado crescimento económico e estrutural nos últimos anos.

Na Figura 13, é possível visualizar as empresas que pertencem ao grupo UTC, e mais especificamente, as áreas de serviço da Carrier.

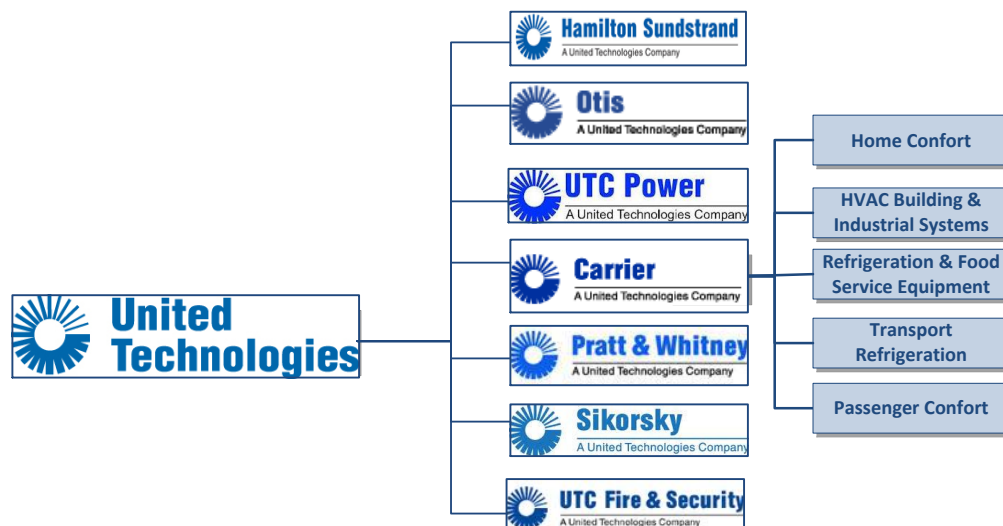


Figura 13 – Empresas do grupo UTC (Carrier, 2012)

3.1.2. Carrier Corporation

A Carrier Corporation é líder mundial na produção e fornecimento residencial ou comercial, de sistemas ou equipamentos para soluções de aquecimento, ventilação, ar condicionado (AVAC) e refrigeração. Os seus negócios passam pelo sector da refrigeração comercial, industrial e do transporte.

3.1.3. Carrier Refrigeración Ibérica

Carrier Refrigeración Ibérica é uma empresa que se dedica ao sector de refrigeração comercial e industrial. A entrada do grupo na Península Ibérica ocorreu no ano de 1964, ainda com a denominação de Linde Ibérica, S.A., empresa que na altura era responsável pelos projectos de refrigeração e de AVAC.

O escritório central encontra-se em Barcelona. A empresa conta ainda com escritórios em Madrid, Valência e Lisboa (Figura 14). A área de investigação e desenvolvimento (I&D) é realizada principalmente nas fábricas da Alemanha, França e República Checa.

A Carrier Refrigeración Ibérica S.A. trabalha e presta serviços aos principais grupos alimentares da Península Ibérica, como é o caso do grupo Lidl, Makro, Auchan, Dia, Sonae, El Corte Inglés, Jerónimo Martins, Intermarché, entre outros.



Figura 14 - Escritórios da Carrier Refrigeración Ibérica

Os produtos e soluções comercializados pela Carrier primam pelo respeito pelo meio ambiente e pela redução do consumo energético. No esquema que se segue (Figura 15), são apresentados os principais equipamentos frigoríficos e serviços comercializados pela Carrier.

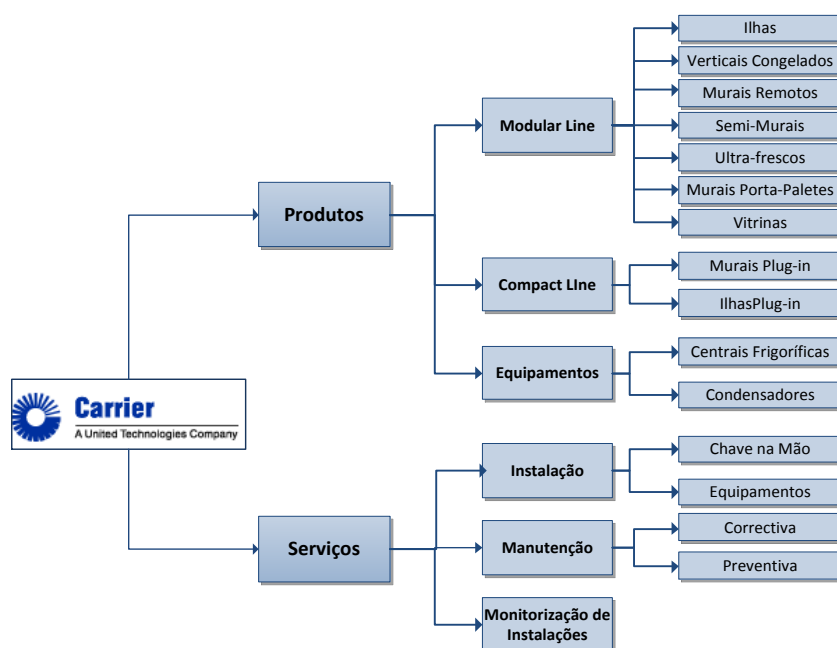


Figura 15 - Tipos de produtos e serviços da Carrier (Adaptado de: Carrier, 2012)

3.2. Descrição do caso de estudo

Este projecto foi iniciado no departamento técnico e comercial de Carrier Refrigeración Ibérica S.A., com o objectivo de verificar quais os pontos de melhoria nos supermercados de Portugal. Como qualquer trabalho realizado com vista à obtenção de melhorias de eficiência, este dividiu-se em três fases distintas:

- I. Cálculo e apresentação do supermercado *Standard*;
- II. Levantamento de possíveis pontos de melhoria;
- III. Cálculo e apresentação do supermercado *E*cube*.

3.3. Supermercado

3.3.1. Escolha do supermercado

Foi escolhido para a realização do caso de estudo um supermercado, de entre os tipos de edifícios de retalho de grande distribuição. Optou-se por um supermercado em detrimento de hipermercados ou de lojas *Discount*⁴, porque o supermercado é o tipo de loja de grande distribuição com dimensões e necessidades frigoríficas médias.

3.3.2. Apresentação do supermercado

Como já foi referido, o supermercado a utilizar no projecto foi desenvolvido a partir do espaço físico de um supermercado com dimensões medianas, com aproximadamente 250 m² de superfície de venda. Para este supermercado foram dimensionados e implantados todos os módulos de móveis frigoríficos e câmaras.

Desta forma, foi então projectado um conjunto de 9 módulos de móveis frigoríficos de temperaturas positivas (*middle temperature*), 1 dos quais constituído por móveis autónomos (*plug-in*⁵) e 3 módulos de móveis de temperaturas negativas (*low temperature*), localizados na sala de vendas do supermercado.

No que diz respeito à zona de câmaras frigoríficas do supermercado, projectaram-se 19 câmaras de refrigeração a temperaturas positivas e 4 câmaras de refrigeração com temperaturas negativas. Por fim, foi implantada uma máquina de gelo para satisfazer todas as necessidades de produção de frio.

⁴ **Discount:** Forma de comércio que se assume como verdadeira alternativa ao comércio tradicional e aos supermercados e hipermercados. Vendem marcas próprias e exclusivas e suportam custos mais reduzidos em relação aos concorrentes.

⁵ **Unidade Plug-in:** Unidades que reúnem o evaporador, o compressor, o dispositivo de expansão e o condensador dentro da mesma unidade. Ou seja é um circuito frigorígeno completo e ajustado às necessidades.

A refrigeração será distribuída em duas localizações principais, a sala de vendas e a zona de câmaras. A sala de máquinas será localizada na ala noroeste do supermercado (no início da zona de câmaras) e será constituída pelas centrais produtoras de frio, o quadro eléctrico da instalação frigorífica, controlos de segurança, e depósitos de refrigerantes e óleo.

Os condensadores a utilizar serão axiais e por isso, estarão localizados num piso técnico, situado a seis metros de altura, por cima da sala de máquinas.

Um resumo explicativo da constituição do supermercado poderá ser analisado na Figura 16, onde se realiza a distribuição do supermercado em temperaturas de conservação positivas e negativas, e os respectivos equipamentos que deverão fazer parte da sua constituição.

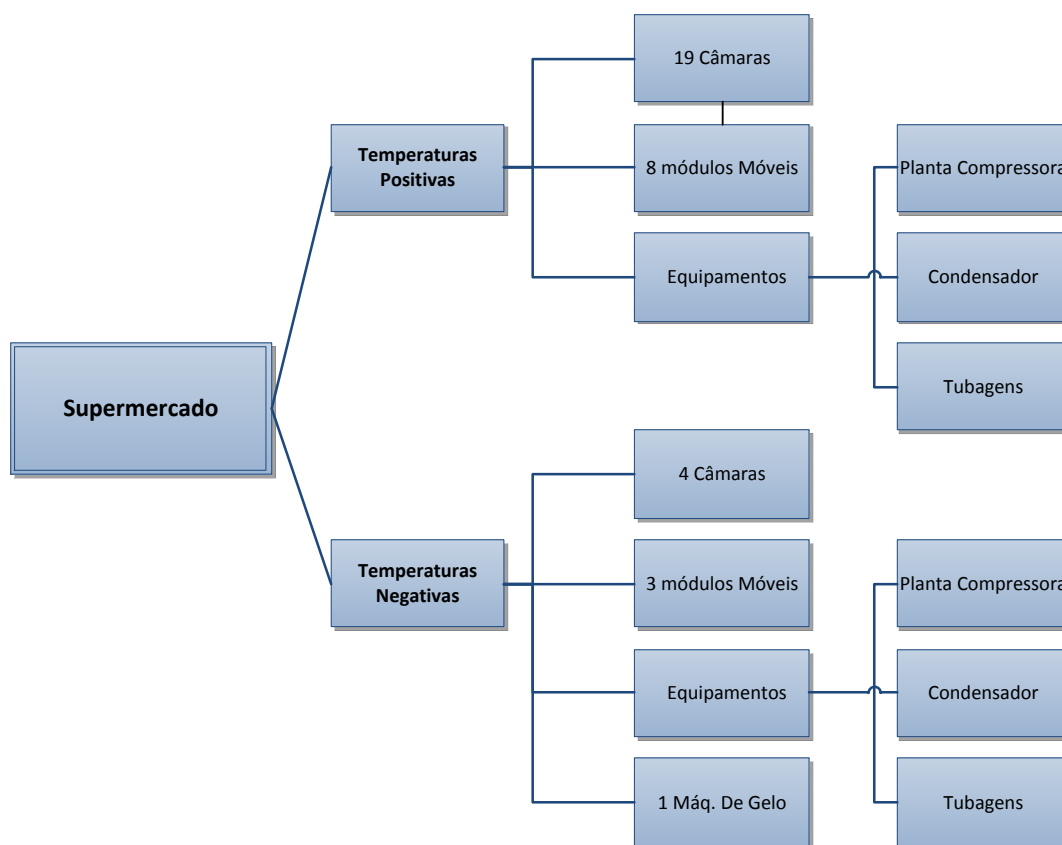


Figura 16 - Estrutura do supermercado

3.3.2.1. Móveis

3.3.2.1.1. Módulos frigoríficos

Cada módulo é constituído por um determinado número de móveis, com dimensões específicas. Na Figura 17 são apresentadas as dimensões, em centímetros, dos móveis que constituem cada módulo.

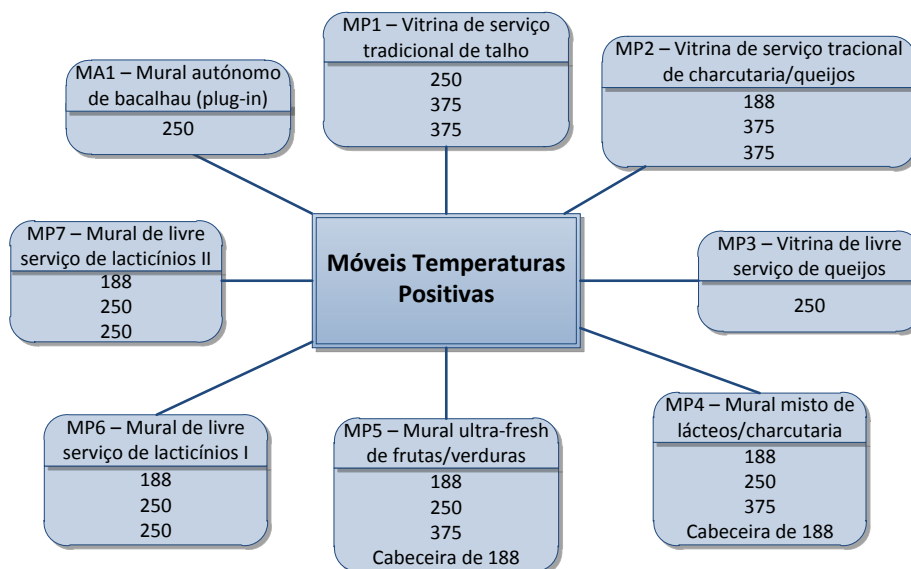


Figura 17 - Móveis de temperaturas de conservação positivas

3.3.2.1.2. Módulos de congelados

Os módulos de congelados são apenas três, perfazendo um total de 10 móveis com temperaturas de conservação negativas. Na Figura 18 estão representados os móveis que constituem cada módulo, bem como as suas dimensões (em centímetros).

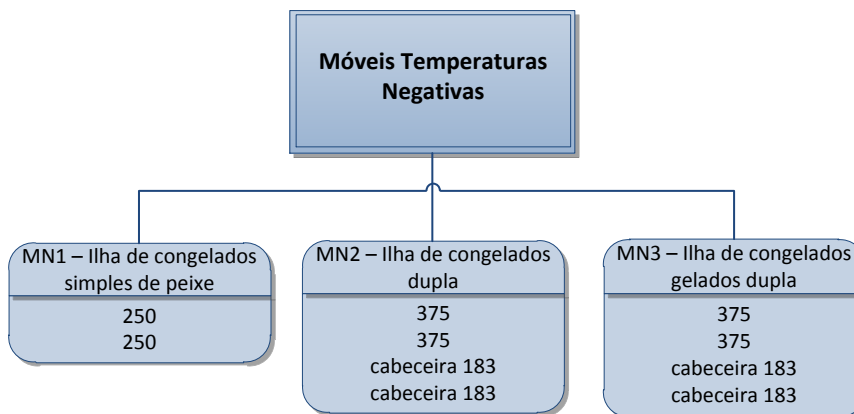


Figura 18 - Móveis de temperaturas de conservação negativas

3.3.2.2. Câmaras

3.3.2.2.1. Câmaras frigoríficas

As câmaras frigoríficas são utilizadas para refrigerar os géneros de alimentos com temperaturas de conservação positivas ($\geq 0^{\circ}\text{C}$). Na Figura 19 estão representadas as câmaras frigoríficas projectadas para o supermercado em questão. Dentro deste tipo de câmaras existem 3 intervalos diferentes de temperatura de conservação, dependendo do tipo de produto fresco a refrigerar. Para câmaras com produtos como peixes e carnes, o intervalo de temperatura será entre 0°C e 2°C . Para refrigerar alimentos de charcutaria, carnes, produtos de livre serviço, pastelaria, frutas e verduras, as temperaturas de refrigeração serão entre $+2^{\circ}\text{C}$ e os $+4^{\circ}\text{C}$. Por último, para as câmaras de trabalho serão consideradas intervalos de temperatura de refrigeração entre os $+10^{\circ}\text{C}$ e os $+12^{\circ}\text{C}$.

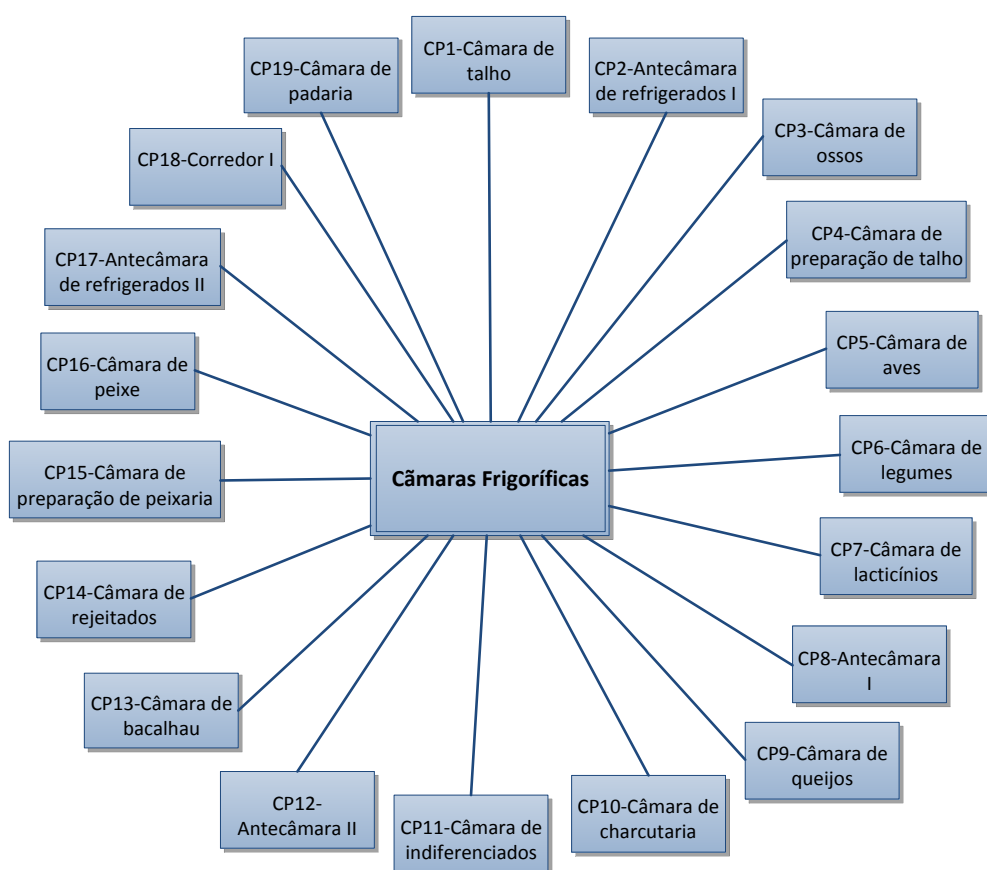


Figura 19 - Câmaras frigoríficas

Na Tabela 4, são apresentadas as características mais importantes das câmaras frigoríficas anteriormente enumeradas, como a temperatura interior para conservação do género de produto, as dimensões e os volumes das mesmas.

Tabela 4 - Características das câmaras frigoríficas

Câmaras	ΔT (°C)	C (m)	L (m)	A (m)	S (m²)	S _{Total} (m²)	V (m³)
CP1	+2/+4	7,12	4,12	3,20	29,30	130,54	93,76
CP2	+10/+12	5,60	2,15	3,20	12,00	73,60	38,40
CP3	+0/+2	1,92	2,42	3,00	4,45	34,94	13,35
CP4	+10/+12	7,72	4,70	3,20	36,27	158,14	116,06
CP5	+0/+2	3,00	3,00	3,00	9,00	54,00	27,00
CP6	+0/+2	5,87	2,25	3,00	13,20	75,10	39,60
CP7	+2/+4	4,58	2,24	3,00	10,25	61,40	30,75
CP8	+2/+4	4,36	1,80	3,00	7,85	52,67	23,55
CP9	+0/+2	2,38	2,90	3,00	6,90	45,48	20,70
CP10	+2/+4	2,04	3,00	3,00	6,12	42,48	18,36
CP11	+2/+4	2,25	2,60	3,00	5,85	40,80	17,55
CP12	+2/+4	2,06	1,80	3,00	3,70	30,53	11,10
CP13	+2/+4	2,06	2,26	3,00	4,65	35,21	13,95
CP14	+2/+4	2,30	1,48	3,00	3,40	29,46	10,20
CP15	+2/+4	4,43	1,85	3,00	8,20	54,09	24,60
CP16	+0/+2	2,00	3,10	3,00	6,20	43,00	18,60
CP17	+10/+12	3,49	6,84	3,00	23,90	109,80	71,70
CP18	+10/+12	1,53	15,70	3,00	24,00	151,37	72,00
CP19	+2/+4	1,55	1,65	3,00	2,55	24,27	7,65

3.3.2.2. Câmaras de congelados

As câmaras de temperaturas negativas são destinadas à produção de frio para produtos congelados, com intervalo de temperatura entre -18°C e os -24°C (Figura 20).

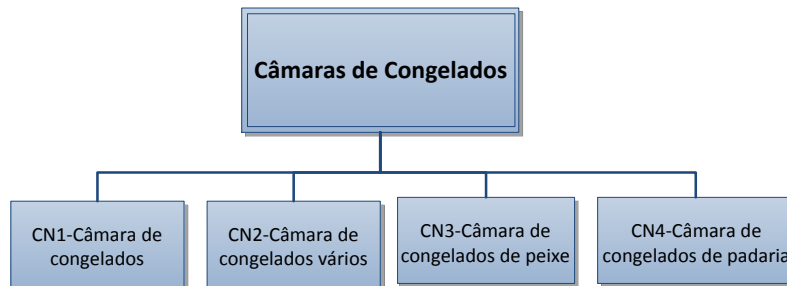


Figura 20 - Câmaras de congelados

Características como a temperatura interior para conservação dos produtos, dimensões e volume das câmaras de congelados, podem ser consultadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Características das câmaras de congelados

Câmaras	ΔT (°C)	C (m)	L (m)	A (m)	S (m²)	S _{Total} (m²)	V (m³)
CN1	-22/-24	2,67	1,50	3,00	4,00	33,00	12,00
CN2	-22/-24	2,30	4,30	3,00	9,90	59,41	29,70
CN3	-22/-24	3,05	2,00	3,00	6,10	42,50	18,30
CN4	-22/-24	1,45	1,40	3,00	2,03	21,16	6,09

3.3.2.2.3. Máquina de gelo (MG)

O supermercado irá incluir uma máquina de gelo, para a produção de gelo granulado destinado à conservação do peixe fresco vendido nas instalações do supermercado.

3.3.3. Planta do supermercado

Em Anexo J é possível visualizar o *layout* do supermercado realizado em AutoCAD 2012 (para as duas versões a apresentar no desenvolvimento do projecto), onde podem ser vistas as localizações das várias linhas de móveis, as câmaras e equipamentos da sala de máquinas e o piso técnico do supermercado.

3.3.4. Condições técnicas

Neste ponto referente a condições técnicas, são introduzidos alguns conceitos fundamentais para o melhor acompanhamento do projecto que se segue, bem como dados técnicos relevantes, considerados para futuros cálculos.

3.3.4.1. Instalações

A instalação analisada tem como finalidade a produção de frio para a conservação dos alimentos frescos e congelados, para as operações de conservação, manipulação e venda ao público.

Fase de conservação: A conservação dos alimentos diz respeito ao que acontece nas câmaras refrigeradas, onde o objectivo é manter o produto em óptimas condições para que posteriormente possa ser embalado e/ou reposto na sala de venda ao público.

Fase de manipulação: A fase de manipulação dos alimentos realiza-se nas câmaras de trabalho. Nestas, a temperatura é superior à temperatura de conservação, já que é um espaço dedicado ao trabalho de colaboradores do supermercado, havendo necessidade de operar nelas durante algumas horas.

Fase de venda ao público: A fase de venda ao público realiza-se na sala de vendas. Aqui, os alimentos estão distribuídos em várias tipologias de móveis frigoríficos, à temperatura ideal de conservação dos mesmos.

3.3.4.2. Temperatura

A temperatura ambiente no interior do supermercado considerada para o presente projecto foi de 25°C e humidade relativa de 60 % (condições climáticas de nível 3).

4. DESENVOLVIMENTO DO PROJECTO

Neste capítulo são dimensionados os equipamentos necessários para o supermercado *Standard*, seguindo-se o levantamento dos possíveis pontos de melhoria, com vista a aumentar a eficiência no supermercado. Por fim, é concluído o capítulo com a elaboração do supermercado *E*cube*, que contemplará os pontos de melhoria propostos anteriormente.

Os pontos de consumo de energia eléctrica mais relevantes de um sistema de refrigeração dum supermercado estão representados na Figura 21. São estes os equipamentos que serão alvo de melhoria, para que com isso, seja possível reduzir significativamente o consumo da instalação frigorífica.

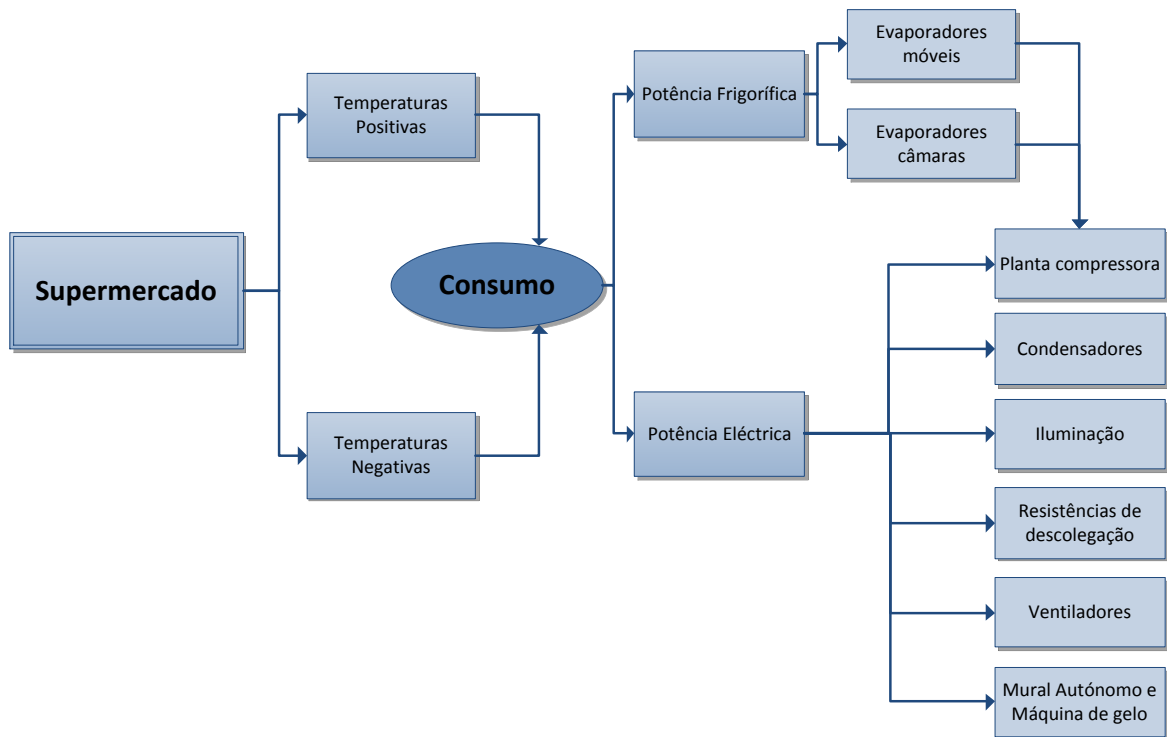


Figura 21 - Pontos de consumo de energia eléctrica mais relevantes num supermercado

4.1. Cálculo e apresentação do supermercado *Standard*

Neste ponto, foram calculados e seleccionados todos os equipamentos para o supermercado *Standard*. Para a realização deste cálculo foram consideradas as características apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Características técnicas do supermercado *Standard*

Temperatura Ambiente	25 °C
Humidade Relativa	60%
Refrigerante da instalação	R404A

4.1.1. Cálculo das linhas de temperatura positiva

4.1.1.1. Móveis

Para o cálculo e selecção dos móveis frigoríficos a utilizar no supermercado *Standard*, foi utilizado um programa interno da *Carrier Refrigeración Ibérica S.A.*, denominado *StoreWizard*. Com este programa foi possível fazer o desenho dos módulos dos móveis, mediante as necessidades da loja. Os móveis escolhidos são considerados pelo grupo Carrier como alguns dos modelos mais comuns (mais vendidos) nos supermercados portugueses.

Na Tabela 7, são apresentadas, para o supermercado *Standard*, as características comuns a todos os equipamentos seleccionados. As restantes características podem ser consultadas no Anexo A.

Tabela 7 - Características comuns dos móveis do supermercado *Standard*

Tipo de Iluminação	T5
Ventiladores	Termostáticos
Controlos	Termostáticos
Válvulas de Expansão	Termostáticas
Extras	Separador de produto
Extras	Porta-preços

De seguida são apresentadas as combinações de equipamentos para as necessidades frigoríficas do supermercado *Standard* (Tabela 8).

Tabela 8 - Combinação de móveis frigoríficos para supermercado *Standard*

Módulo	Regime de Temperatura (°C)	Modelo	Potência Frigorífica (kW)
MP01	±0/+2	Thetis 90H A	0,78
			1,18
			1,18
MP02	+2/+4	Thetis 90H A	0,54
			1,08
			1,08
MP03	±0/+2	Thetis S 90H A	0,78
MP04	+2/+4	Monaxis 63 C3D	1,91
			2,54
			3,81
		Monaxis 73 CE C3D	2,12
MP05	+4/+6	Monaxis 80-NC CE C5	2,96
			3,88
			5,96
			3,17
MP06	±0/+2	Monaxis 63 C4D	2,40
			4,78
			4,78
MP07	±0/+2	Monaxis 63 C4D	4,78
			4,78
		Monaxis 73 CE C4D	2,61
			2,61
MP08	±0/+2	Monaxis 63 C4D	4,78
MPA	±0/+2	Optimer 2546 L (Plug-in)	2,56
Total			72,64

4.1.1.2. Câmaras frigoríficas

Existem várias alternativas para o cálculo das necessidades frigoríficas das câmaras, sendo possível calcular, tanto por meio de programas, como através do cálculo “manual”. Para o cálculo das câmaras do supermercado *Standard* foi tomado como referência o método de cálculo apresentado por Pedro Fernández Díez, Professor e ex-Director reformado da Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación de Cantabria, Espanha. Alguns destes dados foram adaptados para, da melhor forma, corresponderem à realidade deste projecto.

Condições gerais para o cálculo das necessidades frigoríficas das câmaras:

- Entrada de 33% de volume de produtos novos por dia.
- Tempo de funcionamento das câmaras de aproximadamente 16h/dia.
- Presença de colaboradores do supermercado no interior da câmara tendo em conta as dimensões da câmara e tipo da mesma. De seguida pode ser consultada a Tabela 9, com a respectiva correspondência:

Tabela 9 - Actividade no interior das câmaras frigoríficas

ΔT (°C)	V (m³)	Nº funcionários	Nº horas de trabalho por dia	Total horas de trabalho por dia
$\pm 0/+2$ e $+2/+4$	>15 e <25	1	4	4
	>25 e <50	2	4	8
	>50	3	4	12
$+10/+12$	<100	2	12	24
	>100	3	12	36

Para os cálculos será considerada uma diferença de temperatura entre o produto e a câmara de 10°C ($\Delta T_s = 10^\circ\text{C}$).

De seguida, apresentam-se as fórmulas utilizadas nos cálculos efectuados e um exemplo prático do mesmo (cálculo da 1ª câmara), seguido da tabela com os resultados para todas as câmaras.

Transmissão de calor:

$$Q_{tc} = S_{\text{Total}} \times k \times \Delta T \times 24\text{h} \times 3600\text{s}$$

Produtos:

$$Q_{\text{prod}} = M \times C_p \times \Delta T_s, \text{ em KJ/d}$$

Pessoas:

$$Q_{\text{pess}} = N^{\circ}\text{Trab.} \times \text{Calor}_{\text{perdido}} \times t$$

Temperatura da câmara (°C)	10	5	0
Calor _{perdido} (kcal/hora) por operário	181	208	233

Iluminação:

$$Q_{\text{ilum}} = 40 \text{ kJ} \times S \times t$$

O total das cargas térmicas é dado pelo somatório dos elementos apresentados anteriormente.

$$Q_{\text{Total}} = Q_{tc} + Q_{\text{prod}} + Q_{\text{pess}} + Q_{\text{ilum}}$$

Os valores das variáveis das fórmulas anteriores podem ser encontrados, considerando as seguintes:

$$M = d_f \times \frac{V}{3}$$

- M= massa de produtos frescos em Kg
- d_f = densidade relativa de produtos frescos (225 Kg/m³)
- V= volume da câmara (m³)

$$V = C \times L \times H$$

- M= massa de produtos frescos em Kg
- d_f = densidade relativa de produtos frescos (225 Kg/m³)
- V= volume da câmara (m³)

$$S_{Total} = 2 \times (C \times L) + 2 \times (C \times A) + 2 \times (A \times L)$$

- S_{Total} = superfície de contacto por onde se produz transferência de calor com o exterior da sala (m²).

ΔT = diferença entre a temperatura da câmara e o exterior.

- 0°C/+2°C, $\Delta T = 25 - 0^\circ\text{C} = 25^\circ\text{C}$
- +2°C/+4°C, $\Delta T = 25 - 2^\circ\text{C} = 23^\circ\text{C}$
- +10°C/+12°C, $\Delta T = 25 - 10^\circ\text{C} = 15^\circ\text{C}$

C_p produto fresco= 4 KJ/Kg°C / t – tempo em horas

Os factores a ter então em conta para o cálculo de necessidades frigoríficas são:

- Q_{tc} – Transmissão de calor entre o interior da câmara e o exterior
- Q_{prod} – Entrada de produtos diária nas câmaras
- Q_{pess} – N° de trabalhadores e actividade diária na câmara
- Q_{ilum} – Iluminação na câmara

A Tabela 10 apresenta o cálculo das cargas térmicas para as câmaras frigoríficas. Como exemplo de como foi elaborada a tabela, são apresentados de seguida, os cálculos das cargas térmicas para a câmara 1:

- $Q_{tc} = 130,54 \text{ m}^2 \times 0,00083 \text{ kW/}^\circ\text{C m}^2 \times 23 \text{ }^\circ\text{C} \times 24\text{h} \times 3600\text{s} = 207521 \text{ kJ/dia}$
- $Q_{\text{prod}} = 7032 \text{ Kg} \times 4 \text{ kJ/kg }^\circ\text{C} \times 10 \text{ }^\circ\text{C} = 281280 \text{ kJ/dia}$
- $Q_{\text{pess}} = 3 \times 233 \text{ kcal/hora} \times 4\text{h} = 2796 \text{ kJ/dia}$
- $Q_{\text{ilum}} = 40 \times 29,30 \text{ m}^2 \times 4\text{h} = 4688 \text{ kJ/dia}$
- $Q_{\text{Total}} = 207521 + 281280 + 2796 + 1008 = 492605 \text{ kJ/dia} = 8,62 \text{ kW}$

Tabela 10 - Cálculo das necessidades frigoríficas por câmara frigorífica (*Standard*)

Cálculo das cargas térmicas câmaras							
Câmara	M (kg)	Q_{tc} (kJ/dia)	Q_{prod} (kJ/dia)	Q_{pess} (kJ/dia)	Q_{ilum} (kJ/dia)	QT (kJ/dia)	QT (kW)
CP1	7032	207521	281280	2796	4688	496285	8,62
CP2	2880	76308	115200	4344	5760	201612	3,50
CP3	1001	60376	40050	932	712	102070	1,77
CP4	8705	163960	348192	6516	16539	535207	9,29
CP5	2025	93312	81000	1864	972	177148	3,08
CP6	2970	129773	118800	1864	950	251387	4,36
CP7	2306	97604	92250	1864	1148	192866	3,35
CP8	1766	83727	70650	932	1256	156565	2,72
CP9	1553	78582	62100	932	938	142553	2,47
CP10	1377	67533	55080	932	979	124524	2,16
CP11	1316	64862	52650	932	936	119380	2,07
CP12	833	48541	33300	932	592	83365	1,45
CP13	1046	55968	41850	932	744	99494	1,73
CP14	765	46840	30600	932	245	78617	1,36
CP15	1845	85997	73800	932	1312	162041	2,81
CP16	1395	74304	55800	932	992	132028	2,29
CP17	5378	113846	215100	4344	11472	344762	5,99
CP18	5400	156942	216000	4344	11520	388806	6,75
CP19	574	38588	22950	932	408	62878	1,09
						Total	66,87

4.1.1.3. Evaporadores

Os evaporadores escolhidos são da marca *GEA Küba*. As principais características consideradas para a selecção de evaporadores foram a potência necessária, o volume do equipamento, o espaçamento entre alhetas, o tipo de descongelação e o nível sonoro.

Os evaporadores seleccionados são do tipo *Economy Compact and Junior* (DF), *Economy Confort* (DP) e *Economy Market Plus* (SP). Estes diferem nas necessidades frigoríficas do volume da câmara e no género de produto a refrigerar. No caso particular das câmaras de trabalho seleccionaram-se evaporadores com um baixo nível sonoro e ventilação reduzida, para proporcionar um melhor conforto e bem-estar aos operários que desempenharem funções no interior das mesmas. Por fim, no caso particular de câmaras para peixe, escolheram-se evaporadores com descongelamento eléctrico e revestidos de protecção especial anticorrosiva, com espaçamento entre alhetas aumentado.

As características mais importantes dos evaporadores seleccionados para cada câmara, são apresentados de seguida (Tabela 11).

Tabela 11 - Evaporadores por câmara frigorífica (*Standard*)

Câmara	Modelo	Caudal de ar (m ³ /h)	Potência Frigorífica (kW)
CP1	Comfort DPA 033C-L	3.192	8,77
CP2	Comfort DPB 031C-L	1.300	3,66
CP3	Comfort DPBE 031C-S	810	1,80
CP4	Comfort DPA 033C-S	2.280	9,29
CP5	Comfort DPBE 031C-N	1.850	3,07
CP6	Comfort DPBE 042C-S	1.600	4,36
CP7	Compact DFB 052C	1.460	3,35
CP8	Comfort DFA 071C	1.035	2,84
CP09	Comfort DPBE 031C-L	1.300	2,47
CP10	Comfort DFA 033C	780	2,27
CP11	Comfort DFA 033C	780	2,27
CP12	Junior DFA 032C	520	1,47
CP13	Compact DFA 051C	630	1,85
CP14	Junior DFB 032C	580	1,36
CP15	Compact DFA 071C	1.035	2,84
CP16	Compact DFAE 071C	1.035	2,62
CP17	Comfort DPA 032C-S	1.520	6,31
CP18	Market Plus SPB 023D	2.550	6,80
CP19	Junior DFA 022C	580	1,25
Total			68,49

Nota: Os modelos de evaporadores que apresentam a letra “E” na sua designação são os modelos que apresentam descongelação eléctrica. Os restantes modelos apresentam descongelação por circulação de ar.

4.1.2. Cálculo das linhas de temperatura negativa

4.1.2.1. Móveis

Na Tabela 12 são apresentadas as escolhas de equipamentos de congelados para a versão do supermercado *Standard*.

Tabela 12 - Combinação de móveis de congelados para supermercado *Standard*

Módulo	Regime de Temperatura (°C)	Modelo	Potência Frigorífica (kW)
MN01	-22/-24	Wisalo SG4 C8	1,01
			1,01
MN02	-22/-24	Irios SG4 C8	2,88
			2,88
		Irios SG4.CE C8	0,74
			0,74
MN03	-22/-24	Irios SG4 C8	2,88
			2,88
		Irios SG4.CE C8	0,74
			Irios SG4 C8	0,74
		Total	17,33

4.1.2.2. Câmaras de congelados

Condições gerais para o cálculo das necessidades frigoríficas das câmaras:

- Entrada de 33% de volume de produtos novos por dia;
- Tempo de funcionamento das câmaras de aproximadamente 20h/dia;
- Presença de colaboradores do supermercado no interior da câmara tendo em conta as dimensões da câmara e tipo da mesma. De seguida pode ser consultada a Tabela 13, com a respectiva correspondência:

Tabela 13 - Actividade no interior das câmaras de congelados

ΔT (°C)	V (m³)	Nº funcionários	Nº horas de trabalho por dia	Total horas de trabalho por dia
-22/-24	Todos	1	2	2

Para os cálculos será considerada uma diferença de temperatura entre o produto e a câmara de 10°C ($\Delta T_s = 10^\circ\text{C}$).

De seguida, apresentam-se as fórmulas utilizadas nos cálculos efectuados.

Transmissão de calor:

$$Q_{tc} = S_{\text{Total}} \times k \times \Delta T \times 24\text{h} \times 3600\text{s}$$

Produtos:

$$Q_{\text{prod}} = M \times C_p \times \Delta T_s, \text{ em KJ/d}$$

Pessoas:

$$Q_{\text{pess}} = N^{\circ}\text{Trab.} \times \text{Calor}_{\text{perdido}} \times t$$

Temperatura da câmara (°C)	-5	-10	-15	-20	-25
Calor _{perdido} (kcal/hora) por operário	258	279	313	338	358

Iluminação:

$$Q_{\text{ilum}} = 30 \text{ kJ} \times S \times t$$

O total das cargas térmicas é dado pelo somatório dos elementos apresentados anteriormente.

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{tc}} + Q_{\text{prod}} + Q_{\text{pess}} + Q_{\text{ilum}}$$

Os valores das variáveis das fórmulas anteriores podem ser encontrados, considerando as seguintes:

$$M = d_f \times \frac{V}{3}$$

- M= massa de produtos frescos em Kg
- d_f = densidade relativa de produtos frescos (225 Kg/m³)
- V= volume da câmara (m³)

$$V = C \times L \times H$$

- M= massa de produtos frescos em Kg
- d_f = densidade relativa de produtos congelados (400 Kg/m³)
- V= volume da câmara (m³)

$$S_{\text{Total}} = 2 \times (C \times L) + 2 \times (C \times A) + 2 \times (A \times L)$$

- S_{Total} = superfície de contacto por onde se produz transferência de calor com o exterior da sala (m^2).

ΔT = diferença entre a temperatura da câmara e o exterior.

- $-22^\circ C / -24^\circ C$, $\Delta T = 25 - (-24^\circ C) = 49^\circ C$

C_p produto congelado = $5 \text{ KJ/Kg}^\circ C$ / t – tempo em horas

Os factores a ter então em conta para o cálculo de necessidades frigoríficas são:

- Q_{tc} – Transmissão de calor entre o interior da câmara e o exterior
- Q_{prod} – Entrada de produtos diária nas câmaras
- Q_{pess} – N° de trabalhadores e actividade diária na câmara
- Q_{ilum} – Iluminação na câmara

A Tabela 14 apresenta o cálculo das cargas térmicas para as câmaras frigoríficas.

Tabela 14 - Cálculo necessidades frigoríficas por câmara de congelados (*Standard*)

Cálculo cargas térmicas câmaras							
Câmara	M (kg)	Q_{tc} (kJ/dia)	Q_{prod} (kJ/dia)	Q_{pess} (kJ/dia)	Q_{ilum} (kJ/dia)	QT (kJ/dia)	QT (kW)
CN1	1600	20956	36800	730	320	58806	1,02
CN2	3960	37730	91080	1460	792	131062	2,28
CN3	2440	26989	56120	730	488	84327	1,46
CP4	812	13437	18676	730	162	33006	0,57
						Total	5,33

4.1.2.3. Evaporadores

Os evaporadores para as câmaras de congelados também são da marca *GEA Küba* e os modelos seleccionados, bem como as características mais relevantes, podem ser consultados na Tabela 15.

Tabela 15 - Evaporadores por câmara de congelados (*Standard*)

Câmara	Modelo	Caudal de ar (m^3/h)	Potência Frigorífica (kW)
CN1	Compact DFBE 051C	730	1,03
CN2	Compact DFBE 062C	2.600	2,44
CN3	Compact DFBE 071C	1.130	1,47
CN4	Junior DFBE 022C	640	0,64
		Total	5,58

4.1.3. Cálculo dos elementos da instalação

4.1.3.1. Compressores

A potência frigorífica solicitada para a instalação frigorífica é de 141,13 kW para temperaturas positivas e de 22,91 kW para temperaturas negativas. Foram escolhidas centrais frigoríficas distintas para temperaturas positivas e para temperaturas negativas.

Para temperaturas positivas, a central escolhida foi do tipo *Maxivell* VPP330-4050, constituída por 3 compressores. Para a instalação frigorífica de temperaturas negativas foi escolhida a central multi-compressora SPM305-4010, constituída também por 3 compressores.

Tendo em conta as centrais seleccionadas e as necessidades frigoríficas da instalação, foram escolhidos os compressores. Tanto os compressores *middle temperature* como os de *low temperature* são da marca *Bitzer* e foram calculados por intermédio do programa *Bitzer Software version 5.3.1*. O modelo a utilizar na planta de temperaturas negativas é o 6H-25.2Y-40P, enquanto o modelo 4H-15.2Y-40P é o utilizado para a instalação de temperaturas positivas. As características mais relevantes dos compressores são apresentadas na Tabela 16.

Tabela 16 - Características dos compressores do supermercado *Standard*

Tipo	Temperaturas positivas	Temperaturas negativas
Modelo	6H-25.2Y-40P	4H-15.2Y-40P
Temperatura de evaporação (°C)	-11	-39
Temperatura de condensação (°C)	45	45
Potência Frigorífica (kW)	53,9	8,65
Potência absorvida (kW)	26,1	7,76
Potência de condensação (kW)	79,9	16,41
COP	2,07	1,11
Nº Compressores	3	3

Nota: ambas as centrais da Carrier já possuem um separador de óleo e recipiente de refrigerante, necessários para o correcto funcionamento das mesmas.

4.1.3.2. Condensador

Para o cálculo dos condensadores foi utilizado um programa da empresa *DIAPASON*, com o qual foi possível seleccionar os condensadores necessários para cada instalação.

Para o regime de temperaturas positivas, o modelo escolhido foi o AL91 8MDC 8PL; para as necessidades frigoríficas da instalação de negativos, o condensador seleccionado foi o SO60 4MDC 12PL.

Na Tabela 17, são apresentadas as características mais relevantes destes dois modelos de condensador.

Tabela 17 - Características dos condensadores (*Standard*)

Tipo	Temperaturas positivas	Temperaturas negativas
Modelo	AL91 8MDC 8PL	SO60 4MDC 12PL
Calor (kW)	287,6	59,1
Temperatura Ambiente (°C)	35	35
Temperatura de condensação (°C)	46	44,5
Nº ventiladores e diâmetro (mm)	8 x 900	4 x 650

4.1.3.3. Tubagens

Para a realização do cálculo das tubagens foi utilizado o programa *Engineering Tools*, desenvolvido pelo grupo UTC. Este programa começou a ser utilizado pelo grupo no início do mês de Abril de 2012, numa versão beta, onde nem todas as funcionalidades estavam disponíveis. Este permite reduzir o tempo de cálculo dos constituintes da instalação frigorífica. Neste caso, o programa foi utilizado especificamente para o cálculo dos diâmetros necessários para o sistema de tubagens das diversas linhas por onde circulará o refrigerante.

Na tabela seguinte (Tabela 18), são apresentados os resultados para a proposta de supermercado *Standard*. Uma informação mais detalhada das tubagens pode ser consultada no Anexo B.

Tabela 18 - Necessidades de tubagem do sistema de refrigeração (*Standard*)

Descrição material	Quantidade (m)
3/8.x0.71	126,5
1/2.x0.73	95,6
5/8.x0.82	135,9
3/4.x0.86	101
7/8.x0.84	80
1 1/8.x1.04	56
1 3/8.x1.04	91
1 5/8.x1.04	6,1
2 1/8.x1.04	30,4
2 5/8.x1.38	27,5
3 1/8.x1.38	750

4.1.3.4. Refrigerante

Para determinar a quantidade de refrigerante necessário na instalação frigorífica, contabilizou-se a quantidade necessária para os equipamentos (evaporadores dos móveis e câmaras) e a quantidade necessária para as tubagens.

De seguida é apresentada a Tabela 19, referente a esta mesma contabilização de refrigerante. As necessidades de refrigerante por tipo de equipamento podem ser consultadas no ficheiro Anexo C.

Tabela 19 - Quantidade de refrigerante R404A (*Standard*)

Designação	Quantidade (Kg)
Equipamentos de refrigeração	95,68
Equipamentos de congelação	12,06
Tubagens + condensadores	236,63
TOTAL Refrigerante R404A	344,37

4.1.3.5. Controlos

Todos os controlos presentes no supermercado são da marca *Danfoss*.

4.1.3.5.1. Controlos de evaporadores

Os controlos utilizados para os evaporadores dos móveis e câmaras do supermercado *Standard* são termostáticos do tipo EK-CC. Os controlos escolhidos para esta versão de supermercado são EK-CC 202D.

4.1.3.6. Válvulas

Todas as válvulas utilizadas na instalação frigorífica são da *Danfoss*. Para esta instalação as válvulas consideradas foram:

- Válvulas de expansão termostática;
- Válvulas de segurança;
- Válvulas de alívio de pressão;
- Válvulas de passagem.

4.2. Supermercado *E*cube*

4.2.1. Propostas de melhoria

No supermercado *Standard* anteriormente apresentado, podem ser evidenciados alguns pontos passíveis de melhoria, tanto para o tipo de equipamentos a utilizar, como para o modo de utilização dos mesmos.

Desta forma, neste ponto de estudo, as propostas de melhoria irão ser divididas em medidas com custo (traduzidas sobretudo em investimentos de equipamentos) e medidas sem custo, que dizem respeito a melhorias/correcções de comportamentos ou acções a efectivar na instalação do supermercado.

Estas melhorias foram elaboradas tendo em conta dados internos, recolhidos na empresa.

4.2.1.1. Medidas com custo

4.2.1.1.1. Cortinas/tampas de noite

As cortinas e as tampas de noite são recomendadas para reduzir as perdas de frio e consequentemente a redução do consumo de energia dos móveis durante os períodos de tempo em que as lojas estão fechadas ao público. As principais vantagens destes acessórios são:

- Poupança de energia até 60%, com a cortina fechada;
- Redução número de horas de funcionamento dos compressores;
- Maior tempo de vida da instalação frigorífica.



Figura 22 - Cortina de noite num mural e numa ilha

4.2.1.1.2. Portas de vidro

As portas de vidro estão desenhadas especialmente para produtos mais sensíveis a mudanças de temperatura. Estas apresentam um vidro amplamente transparente que assegura a boa visibilidade do produto exposto nas prateleiras. Os móveis com portas de vidro apresentam um menor consumo de energia (aproximadamente 40% menos de potência solicitada), pelo facto de apresentarem uma maior resistência à transmissão de calor, permitindo manter a temperatura com menor consumo de evaporação e gerando uma maior estabilidade na temperatura do móvel e no seu consumo.

Os períodos de descongelação são mais curtos, porque a potência de refrigeração é menor, desta forma, a resistência a aplicar ao evaporador pela descongelação é também menor.

Com um consumo mais reduzido, os diâmetros de tubagem são consequentemente menores, já que o caudal de refrigerante necessário para a potência de evaporação é menor. Isto traduz-se na necessidade de utilização de compressores mais pequenos e, consequentemente, condensadores também menos potentes, o que originará uma redução no consumo global de energia.

A aplicação de portas nos móveis dos supermercados permite também um maior conforto para clientes e colaboradores, já que evita o desagradável “corredor frio” e as respectivas perdas de frio, associadas a este fenómeno.

4.2.1.1.3. Ventiladores electrónicos

Com a utilização de ventiladores é possível uma poupança energética na ordem dos 60%, comparativamente com os ventiladores *Standard*. Para além disso, os ventiladores electrónicos (EC) apresentam um tempo de vida útil maior em cerca de 20%.

O menor consumo eléctrico dos ventiladores EC implica também um menor consumo de potência frigorífica na compensação de calor gerado.



Figura 23 - Ventilador electrónico

4.2.1.1.4. Válvula de expansão electrónica (EEV's)

Com a utilização de uma válvula de expansão termostática, a capacidade do evaporador é regulada mecanicamente (um parafuso da própria válvula permite ajustar as diferentes pressões e controlar a expansão), que, no caso desta válvula, se mantém constante independentemente das necessidades do evaporador.



Figura 24 - Válvula de expansão electrónica

Por outro lado, com uma válvula de expansão electrónica, a capacidade do evaporador é regulada electronicamente e em tempo real, o que permite uma adaptação da regulação da válvula, adequando o seu valor às necessidades do evaporador em cada instante.

Vantagens:

- Não é necessário realizar nenhum ajuste manual na válvula;
- Obtém-se sempre o rendimento máximo do evaporador, já que a válvula se adapta automaticamente às condições reais do mesmo;
- Redução do número de horas de funcionamento dos compressores;
- Obtém-se, em média, de uma poupança energética na ordem dos 8-12% aproximadamente.

4.2.1.1.5. Variadores de frequência

A utilização de variadores de frequência é uma medida que se traduz na diminuição do número de arranques dos compressores, permitindo uma compressão variável segundo as necessidades de potência de compressão em cada instante. Para além de reduzir o consumo eléctrico, minimiza os custos de manutenção dos compressores, pela diminuição do número de horas de funcionamento.

4.2.1.1.6. Iluminação

A iluminação dos móveis e das câmaras pode passar de fluorescentes para LED's. O LED⁶ é um semiconductor emissor de luz, que utiliza a mesma tecnologia utilizada nos chips de computadores. Esse processo de emissão de luz pela aplicação de uma fonte eléctrica de energia é chamado electroluminescência (Philips, 2009).

⁶ LED: sigla em inglês para *Light Emitting Diode*, (Díodos Emissores de Luz).

Uma análise comparativa entre a iluminação tubular LED e Fluorescente pode ser analisada com o auxílio da Tabela 20.

Tabela 20 - Comparação entre lâmpada LED e Fluorescente

Item	LED tubular	Fluorescente tubular
Potência	15 W	40 W
Fluxo luminoso total	1320 lm	2040 lm
Eficiência actual do fluxo luminoso	1254 lm	1250 lm
Tempo médio de vida	30.000 h	8.000
Indicador ambiental	Não-tóxico, a lâmpada pode ser reciclada	Com substâncias tóxicas como mercúrio e chumbo. Não reciclável
Temperatura de trabalho	$\leq 35^{\circ}\text{C}$	Cerca de 100°C
Índice de reprodução de Cor	Acima dos 80% (normal)	65% (normal)

4.2.1.1.7. Refrigeração monitorizada

A refrigeração monitorizada trata-se de uma medida que permite controlar e gerir, da melhor forma, a instalação frigorífica dos supermercados. Este tipo de medida consiste em alterar os parâmetros dos elementos instalados, por meio de controlos, adaptando-os às necessidades requeridas.

Vantagens:

- Optimização do consumo de energia em toda a instalação frigorífica;
- Controlo centralizado, permitindo várias aplicações ao mesmo tempo;
- Rápido arranque dos equipamentos com parâmetros predefinidos;
- Coordenação dos ciclos de degelo/descongelação dos vários evaporadores;
- Controlo dos tempos de descongelação.

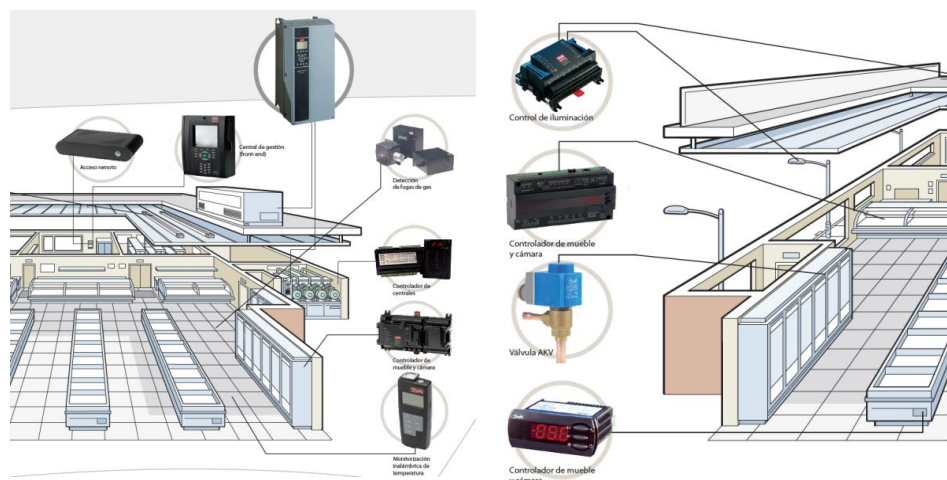


Figura 25 - Instalação monitorizada (Adaptado de: Danfoss, 2012)

4.2.1.2. Medidas sem custo

4.2.1.2.1. Manutenção

Uma das medidas com maior importância para o correcto funcionamento das instalações frigoríficas é a manutenção.

Todas as instalações frigoríficas são vulneráveis a efeitos ambientais negativos e factores operativos como vibrações, sujidade, flutuações estacionais de temperatura, factores meteorológicos ou mesmo o incorrecto uso da instalação. Estes factores podem contribuir para que a instalação saia dos padrões operativos definidos originalmente, diminuindo a sua eficiência.

Uma manutenção adequada conserva o rendimento e o consumo de energia no seu nível óptimo durante toda a vida útil da instalação.

A manutenção das instalações pode ser dividida em duas grandes áreas: manutenção correctiva e preventiva (OT, 2012).

- **Manutenção correctiva:**

É a manutenção que ocorre quando alguma avaria surge na instalação. É importante estar informado do procedimento numa situação destas, para dessa forma se minimizar o tempo de paragem da instalação ou evitar uma possível situação de perigo.

É importante que a instalação esteja controlada mediante um sistema de controlo, que permita gerar um aviso e solucionar rapidamente o problema, sem originar um risco de avarias mais graves, ou até mesmo o encerramento parcial ou total do supermercado.

- **Manutenção preventiva:**

Ao realizar uma manutenção preventiva, é possível detectar e solucionar futuras possíveis avarias, antes mesmo que se danifiquem elementos da instalação ou que seja reduzida a eficiência da instalação.

Nem mesmo os equipamentos da tecnologia mais pioneira podem garantir um funcionamento óptimo e contínuo das instalações. Sempre existirão pontos de possíveis avarias e serão estes os que deverão estar sujeitos a mais cuidados preventivos.

4.2.1.2.2. Cuidados preventivos do utilizador

Existe um variado leque de medidas simples que os responsáveis pela instalação do supermercado podem tomar, de forma a manter o bom funcionamento da instalação. De seguida irão ser apresentadas algumas destas medidas, que mesmo sendo de elevada importância para o correcto funcionamento do supermercado, não exigem qualificações especiais para a sua execução (MMA & ABRAS, 2006).

- Manter os móveis limpos;
- Evitar sobrecarregar os móveis e as câmaras;
- Não interromper a cortina de ar dos móveis ou câmaras;
- Evitar correntes de ar;
- Repor os géneros de produto à temperatura adequada;
- Evitar fontes de calor perto dos equipamentos refrigerados;
- Definir correctamente os intervalos de temperatura de conservação dos móveis em função do tipo de produto a conservar;
- Controlar a iluminação das câmaras;
- Fechar as portas dos móveis e câmaras.

4.2.2. Cálculo e apresentação do supermercado *E*cube*

As propostas de melhoria apresentadas no subcapítulo anterior ostentam soluções que se tornam de difícil aplicabilidade ou quantificação para o projecto em questão. Outras melhorias referem-se a cuidados que os funcionários/responsáveis pelas instalações do supermercado deverão ter e por isso mesmo, não serão implementadas na versão *E*cube*.

Na Tabela 21, são indicadas quais as medidas de melhoria que serão aplicadas ao supermercado versão *E*cube*

Tabela 21 - Melhorias aplicadas no supermercado *E*cube*

Melhoria	Utilizada no supermercado <i>E*cube</i>	Não Utilizada	Da responsabilidade dos intervenientes no supermercado	Nota
Cortinas/tampas de noite		X		Optou-se por portas de vidro
Portas de vidro	X			
Ventiladores electrónicos	X			
Válvulas de expansão electrónicas	X			
Variadores de frequência		X		Optou-se por não usar
Refrigeração monitorizada	X			
Iluminação	X			LED's
Manutenção			X	
Manter móveis e câmaras limpas			X	
Evitar sobrecarregar os móveis e as câmaras			X	
Não interromper as cortinas de ar dos móveis			X	
Evitar correntes de ar			X	
Repor os géneros de produto à temperatura adequada			X	
Evitar fontes de calor perto dos equipamentos refrigerados			X	
Definir correctamente os intervalos de temperatura de conservação dos móveis	X			Alguns supermercados não definem bem a temperatura de conservação de cada móvel/câmara (consultar Anexo D)
Controlar a iluminação das câmaras			X	
Fechar as portas dos móveis e câmaras			X	

Após a apresentação das possíveis melhorias a realizar no supermercado, será realizado todo o processo de cálculo da instalação frigorífica para uma versão mais eficiente do supermercado, que se designará por *E*cube*.

Tabela 22 - Características técnicas do supermercado *E*cube*

Temperatura Ambiente	25°C
Humidade Relativa	60%
Refrigerante da instalação de temperaturas positivas	R134 ^a
Refrigerante da instalação de temperaturas negativas	R744A (CO ₂)

Como medida de melhoria de eficiência energética, escolheu-se como refrigerante da instalação de temperaturas negativas o R744A (CO₂). Como referido anteriormente, todos os refrigerantes naturais apresentam um *ODP* de zero. O valor de *GWP* do R744 é de 1.

Verificou-se que apenas o CO₂ é comercialmente viável para a utilização em máquinas de produção de gelo (Shecco, 2012) (ver Anexo E). Tendo em conta que o nosso supermercado está dotado de uma máquina de gelo e cumulativamente ao facto da Carrier Refrigeración Ibérica apresentar maior experiência em aplicações com R744, a escolha de refrigerante para a instalação de temperaturas negativas foi o R744.

Para a instalação de temperaturas positivas, o refrigerante utilizado foi o R134a. Comparativamente com o R404A utilizado na versão de supermercado *Standard*, o R134a apresenta melhorias significativas no que diz respeito ao potencial de aquecimento global (*GWP*), passando-se de um índice de 3900 para 1430.

4.2.3. Cálculo das linhas de temperatura positiva

4.2.3.1. Móveis

O procedimento para o cálculo e desenho dos móveis do supermercado *E*cube* foi o mesmo que para o supermercado *Standard*, tendo-se alterado apenas algumas características como a iluminação, ventiladores, controlos e válvulas de expansão (Tabela 23). As restantes características podem ser analisadas no Anexo A.

Tabela 23 - Características comuns dos móveis do supermercado *E*cube*

Tipo de Iluminação	LED
Ventiladores	Electrónicos
Controlos	Electrónicos
Válvulas de Expansão	Electrónicas
Extras	Separador de Produto
Extras	Porta-preços

As escolhas dos equipamentos para as necessidades frigoríficas são apresentadas de seguida (Tabela 24).

Tabela 24 - Combinação de móveis frigoríficos para supermercado *E*cube*

Módulo	Regime de Temperatura (°C)	Modelo	Potência Frigorífica (kW)
MP01	±0/+2	Thetis 90H A <i>E*cube</i>	0,78
			1,18
			1,18
MP02	+2/+4	Thetis 90H A <i>E*cube</i>	0,54
			1,08
			1,08
MP03	±0/+2	Thetis S 90H A <i>E*cube</i>	0,78
MP04	+2/+4	Monaxis 63-GD C6 <i>E*cube</i>	1,38
			1,84
		Monaxis 73 GD. CEC6 <i>E*cube</i>	2,76
MP05	+6/+8	Monaxis 80-NC C5 <i>E*cube</i>	1,50
			2,72
			3,57
			5,37
MP06	+2/+4	Monaxis 63-GD C6 <i>E*cube</i>	2,92
			1,38
			2,76
MP07	+2/+4	Monaxis 63-GD C6 <i>E*cube</i>	2,76
			2,76
		Monaxis 73 GD. CEC6 <i>E*cube</i>	2,76
			1,50
			1,50
MP08	±0/+2	Monaxis 63-GD C6 <i>E*cube</i>	3,36
MPA	±0/+2	Optimer 2546 LG (Plug-in)	2,56
Total			52,99

4.2.3.2. Câmaras frigoríficas

Para o cálculo das câmaras do supermercado *E*cube* foi utilizado um programa desenvolvido e utilizado pela Carrier Refrigeración Ibérica S.A., que define as necessidades frigoríficas de uma maneira mais precisa que a solução apresentada no supermercado *Standard*. Com este software, será possível seleccionar os evaporadores que correspondam, de uma maneira mais optimizada, às necessidades reais das câmaras.

Na Tabela 25, são apresentados os valores das necessidades frigoríficas para as câmaras da versão *E*cube*, que não diferem muito da solução apresentada na versão do supermercado anterior mas tendem a ser um pouco mais baixos, o que possibilitará a selecção de evaporadores de menor potência, face aos escolhidos anteriormente.

Tabela 25 - Necessidades frigoríficas por câmara frigorífica (*E*cube*)

Câmara	QT (kW)	Câmara	QT (kW)
CP1	8,45	CP11	1,58
CP2	3,26	CP12	1,00
CP3	1,36	CP13	1,26
CP4	9,25	CP14	0,92
CP5	2,75	CP15	2,22
CP6	4,03	CP16	1,89
CP7	2,77	CP17	6,09
CP8	2,12	CP18	6,12
CP9	2,11	CP19	0,69
CP10	1,65	Total	59,52

4.2.3.3. Evaporadores

Os evaporadores do supermercado *E*cube* continuam a ser da *GEA Küba* e foram calculados segundo os critérios utilizados para o supermercado *Standard*, com excepção do refrigerante, que passa a ser o R134a.

As características mais importantes dos evaporadores seleccionados, para cada câmara frigorífica, são apresentadas de seguida (Tabela 26).

Tabela 26 - Evaporadores por câmara frigorífica (*E*cube*)

Câmara	Modelo	Caudal de ar (m ³ /h)	Potência Frigorífica (kW)
CP1	Comfort DPA 042C-N	3.240	8,67
CP2	Market Plus SPB 041D	1.420	3,39
CP3	Junior DFBE 023D	950	1,38
CP4	Market Plus SPA 061D	3.720	9,41
CP5	Market Plus SPAE 041D	1.300	2,80
CP6	Compact DFBE 072D	2.260	4,09
CP7	Comfort DPAE 031C-L	1.064	2,77
CP8	Compact DFA 061D	1.100	2,24
CP9	Compact DFBE 071D	1.130	2,11
CP10	Market Plus SPA 011D	920	1,67
CP11	Compact DFB 051D	1070	1,59
CP12	Junior DFA 022D	590	1,16
CP13	Market Plus SPB 011D	990	1,29
CP14	Junior DFB 022D	640	0,99
CP15	Compact DFA 061D	1.100	2,24
CP16	Market Plus SPBE 031D	1.450	1,89
CP17	Compact DFA 062D	2.200	6,13
CP18	Compact DFA 062D	2.200	6,13
CP19	Market Plus SPB 011D	660	1,29
		Total	61,24

Nota: Os modelos de evaporadores que apresentam a letra “E” na sua designação são os modelos que apresentam descongelação eléctrica. Os restantes modelos apresentam descongelação por circulação de ar.

4.2.4. Cálculo das linhas de temperatura negativa

4.2.4.1. Móveis

Na Tabela 27 são apresentadas as escolhas de equipamentos de congelados para a versão do supermercado *E*cube*.

Tabela 27 - Combinação de móveis de congelados para supermercado *E*cube*

Módulo	Regime de Temperatura (°C)	Modelo	Potência Frigorífica (kW)
MN01	-22/-24	Wisalo SG4-GS C8 <i>E*cube</i>	0,53
			0,53
MN02	-22/-24	Irios SG4-GS C8 <i>E*cube</i>	1,47
			1,47
		Irios SG4-GS.CE C8 <i>E*cube</i>	0,38
			0,38
MN03	-22/-24	Irios SG4-GS C8 <i>E*cube</i>	1,66
			1,66
		Irios SG4-GS.CE C8 <i>E*cube</i>	0,43
			0,43
		Total	9,33

4.2.4.2. Câmaras de congelados

Usando o programa referido anteriormente, os resultados para as câmaras de congelados são os seguintes (Tabela 28):

Tabela 28 - Necessidades frigoríficas por câmara de congelados (*E*cube*)

Câmara	QT (kW)
CN1	0,92
CN2	2,29
CN3	1,41
CN4	0,47
Total	5,09

4.2.4.3. Evaporadores

Os evaporadores para as câmaras de congelados do supermercado *E*cube* também são da marca *GEA Küba*, diferindo apenas no refrigerante que passa a ser o R744. As escolhas dos evaporadores podem ser encontradas na Tabela 29.

Tabela 29 - Evaporadores por câmara de congelados (*E*cube*)

Câmara	Modelo	Caudal de ar (m ³ /h)	Potência Frigorífica (kW)
CN1	Market Plus CO ₂ SPBE 021D	950	0,99
CN2	Market Plus CO ₂ SPAE 022D	1.520	2,38
CN3	Compact CO ₂ DFAE 061D	1.100	1,49
CN4	Market Plus CO ₂ SPBE 011D	880	0,84
Total			5,70

4.2.5. Cálculo dos elementos da instalação

4.2.5.1. Compressores

Para a versão de supermercado *E*cube*, a potência frigorífica solicitada para a instalação frigorífica é de 133,25 kW para temperaturas positivas e de 15,03 kW para temperaturas negativas. Foi seleccionada uma central frigorífica comum para temperaturas positivas e negativas (central satélite).

A central multi-compressora seleccionada foi a *Maxivell Satélite VNP370- 6330 + VCM270- 3540*, com 3 compressores de positivos e 2 de negativos.

Os compressores escolhidos para a central satélite são da marca *Bitzer* e foram calculados com o auxílio do software *Bitzer version 5.3.1*. O modelo a utilizar na planta de temperaturas positivas é o 6FE-40Y-40P, enquanto o modelo 2HSL-3K é o utilizado para as a instalação de temperaturas negativas. As características mais significativas dos compressores escolhidos são as apresentadas na tabela seguinte (Tabela 30).

Tabela 30 - Características dos compressores do supermercado *E*cube*

Tipo	Temperaturas positivas	Temperaturas negativas
Modelo	6FE-40Y-40P	2HSL-3K
Temperatura de evaporação (°C)	-11	-34
Temperatura de condensação (°C)	45	-5
Potência Frigorífica (kW)	44,30	7,60
Potência absorvida (kW)	17,98	1,91
Potência de condensação (kW)	62,30	9,51
COP	2,46	3,98
Nº Compressores	3	2

Nota: A central multi-compressora já possui um separador de óleo e recipientes de refrigerante, necessários ao correcto funcionamento da mesma.

4.2.5.2. Condensador

Como já tinha sido referido na proposta de supermercado *Standard*, para a selecção do condensador, foi utilizado um programa da empresa *DIAPASON*.

O condensador seleccionado foi o AL91 8MDC 12PH, que é partilhado pela instalação de temperaturas negativas e positivas.

Na Tabela 31 são apresentadas as características mais relevantes do condensador.

Tabela 31 - Características dos condensadores (*E*cube*)

Tipo	Temperaturas positivas e negativas
Modelo	AL91 8MDC 12PH
Calor (kW)	287,6
Temperatura Ambiente (°C)	35
Temperatura de condensação (°C)	45
Nº ventiladores e diâmetro (mm)	8 x 900

4.2.5.3. Tubagens

Uma vez mais foi utilizado o programa *Engineering Tools* para o cálculo de tubagens da versão melhorada (*E*cube*). Na Tabela 32 e 33, são apresentados os totais dos respectivos diâmetros utilizados para cada uma das instalações desta versão de supermercado. Uma informação, mais detalhada das tubagens, pode ser consultada no Anexo B.

Tabela 32 - Necessidades de tubagem para temperaturas positivas (*E*cube*)

Descrição material	Quantidade (m)
3/8.x0.71	163,0
1/2.x0.73	105,1
5/8.x0.82	118,4
3/4.x0.86	56,6
7/8.x0.84	78,9
1 1/8.x1.04	74,0
1 3/8.x1.04	77,1
1 5/8.x1.04	39,9
2 1/8.x1.04	13,5
2 5/8.x1.38	4,0
3 1/8.x1.38	21,5

Tabela 33 - Necessidades de tubagem para temperaturas negativas (E^{cube})

Descrição material	Quantidade (m)
10. x 1.00	274,0
12. x 1.00	20,0
15. x 1.00	46,0

4.2.5.4. Refrigerante

No que diz respeito ao refrigerante utilizado na instalação frigorífica, serão contabilizadas as quantidades de R134^a dos equipamentos com temperaturas de conservação positivas e as quantidades de refrigerante R744, para os equipamentos com temperaturas de conservação negativas.

Mais uma vez, para a obtenção do valor total de refrigerante necessário na instalação frigorífica, foi contabilizado a quantidade necessária para os equipamentos (evaporadores dos móveis e câmaras), assim como a quantidade necessária para as tubagens.

De seguida é apresentada a Tabela 34, referente a esta contabilização de refrigerante, para o correcto funcionamento das instalações.

Tabela 34 - Quantidade de refrigerante R134^a e R744 (E^{cube})

Designação		Quantidade (Kg)
R134 ^a	Equipamentos de refrigeração MT	96,91
	Tubagens + condensadores MT	156,46
TOTAL Refrigerante R134^a		254,37
R744	Equipamentos de congelação LT	19,5
	Tubagens + condensadores LT	8,69
TOTAL Refrigerante R744		28,19

4.2.5.5. Controlos

Todos os controlos presentes no supermercado são da marca *Danfoss*.

4.2.5.5.1. Controlos de evaporadores

Os controlos utilizados para os evaporadores dos móveis e câmaras do supermercado *E*cube* são electrónicos do tipo AK-CC. Desta forma, os controlos escolhidos para esta versão de supermercado são os AK-CC 550, para equipamentos com um evaporador e os AK-CC 750 para equipamentos com dois evaporadores (caso específico dos móveis IRIOS).

4.2.5.5.2. Controlo da central e do condensador

O controlo da central multi-compressora e dos condensadores é realizado por intermédio do controlo AK-PC 840.

4.2.5.6. Válvulas

Todas as válvulas utilizadas na instalação frigorífica foram da marca *Danfoss*. Para esta instalação as válvulas consideradas foram:

- Válvulas de expansão electrónicas;
- Válvulas de segurança;
- Válvulas de alívio de pressão;
- Válvulas de passagem.

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. Análise comparativa entre as versões de supermercado

Neste capítulo será apresentada a comparação ao nível dos consumos de energia eléctrica, do impacto ambiental e dos custos de aquisição e instalação dos equipamentos, entre os supermercados *Standard* e *E*cube*.

Os dados utilizados nestas análises comparativas são apresentados de forma resumida, sendo possível consultar no Anexo F e G os cálculos detalhados dos mesmos.

Horário de funcionamento do supermercado:

Para a realização desta comparação foi considerado o seguinte horário de funcionamento:

- **Dias de funcionamento:** Segunda a Domingo, com excepção do dia 1 de Janeiro, Domingo de Páscoa e 25 de Dezembro;
- **Horário:** Segunda a Sábado: das 09h00 às 20h30; Domingo: das 09h00 às 20h00;
- **Dias do ano:** 2012 é um ano bissexto (366 dias). Iniciou-se a um Domingo (1 de Janeiro) e terminará numa segunda-feira (31 de Dezembro).

No total, em 2012, haverá 363 dias de trabalho num supermercado, dos quais 51 dias serão Domingos (53 domingos no total, descontando o dia 1 de Janeiro e Domingo de Páscoa). No total, no ano 2012, o supermercado estará aberto ao público 4149 horas.

Relativamente a cada um dos equipamentos consumidores de electricidade no supermercado, serão apresentados perfis de funcionamento para cada um. O número de horas de funcionamento da iluminação dos móveis decorre do tempo que o supermercado se encontra aberto ao público e do período para o encerramento. Para os ventiladores foram consideradas 24 horas de funcionamento diárias.

Relativamente às resistências de descongelação, estas tendem a variar entre as duas e as quatro horas de funcionamento diário, consoante o tipo de móvel e regime de temperatura de conservação dos produtos. Na Tabela 35 que se segue, são identificados o número de descongelações e respectiva duração para cada móvel utilizado no supermercado.

Tabela 35 - Resistências e duração de descongelações para cada proposta de supermercado

Standard		E*cube	
Modelo Móvel	Nº de descongelações e sua duração	Modelo Móvel	Nº de descongelações e sua duração
Thetis 90H A	3 x 45min	Thetis 90H A <i>E*cube</i>	3 x 45min
Thetis S 90H A	3 x 45min	Thetis S 90H A <i>E*cube</i>	3 x 45min
Monaxis 63.C4 D	4 x 60min	Monaxis 63-GD C6 <i>E*cube</i>	4 x 60min
Monaxis 73 C4 D	4 x 60min	Optimer 2546LG	3 x 60min
Optimer 2546L	3 x 60min	Wisalo SG4-GS C8 <i>E*cube</i>	3 x 60min
Wisalo SG4 C8	2 x 60min	Irios SG4-GS C8 <i>E*cube</i>	1 x 60min
Irios SG4 C8	2 x 60min		

No que diz respeito aos compressores e condensadores, foi considerado um período de funcionamento de 18 horas diárias. Os equipamentos não estarão em pleno funcionamento durante o dia todo, pois, por exemplo, durante o período da noite, não haverá actividade nos móveis e dessa forma não consumirão tanto para manter os alimentos à temperatura adequada.

Na tabela que segue (Tabela 36), apresenta-se um resumo da actividade de cada equipamento relevante para o cálculo dos consumos durante um dia de funcionamento e para uma estimativa anual.

Tabela 36 - Horas de funcionamento dos equipamentos mais relevantes

Equipamento	Horas de funcionamento por dia	Horas de funcionamento por ano
Supermercado	24 horas	8760 horas
Central multi-compressora	18 horas	6570 horas
Condensador	18 horas	6570 horas
Iluminação	11 horas e 30 minutos	4197 horas e 30 minutos
Resistências de descongelação	Entre 2h, 3h e 4h (depende do modelo do equipamento)	Variável
Ventiladores	24	8760

5.1.1. Análise dos investimentos das instalações

Os preços apresentados na análise económica foram calculados com base em dados obtidos na e pela Carrier. Com esta informação é assim possível calcular o tempo de *payback* entre as duas propostas de supermercado.

5.1.1.1. Supermercado *Standard*

O custo total da instalação frigorífica para a versão *Standard*, é apresentado na Tabela 37.

Tabela 37 - Custo total da instalação frigorífica do supermercado *Standard*

Elemento	Supermercado <i>Standard</i>		
	Tipo/Modelo	Quantidade	Preço
Móveis positivos	<i>Standard</i>	24	137.888,58 €
Móveis negativos	<i>Standard</i>	10	49.256,74 €
Máquina de Gelo	FV 300 A	1	5.574,78 €
Controladores Móveis MT	EKC 202D	8	527,83 €
Controladores Móveis LT	EKC 202D	5	326,42 €
Câmaras MT	Painéis	19	87.329,00 €
Câmaras LT	Painéis	4	18.385,05 €
Controladores câmaras MT	EKC 202D	19	1.240,40 €
Controladores câmaras LT	EKC 202D	4	261,14 €
Evaporadores positivos	R404A	19	12.874,90 €
Evaporadores negativos	R404A	4	1.755,20 €
Planta multi-compressora positivos	VPP300-4050	1	29.173,20 €
Planta multi-compressora negativos	SPM305-4010	1	19.965,01 €
Condensador MT	AL91 8MDC 8PL	1	8.912,02 €
Condensador LT	SO60 4MDC 12PL	1	3.921,83 €
Tubagens (m)	<i>Standard</i>	Ver anexo B	4.715,32 €
Refrigerante (kg)	R404A	237	1.443,44 €
Instalação frigorífica (válvulas, controladores)	<i>Standard</i>	1	32.876,82 €
Quadro eléctrico + instalação eléctrica	<i>Standard</i>	1	23.535,24 €
Mão-de-obra instalação	<i>Standard</i>	1	31.248,88 €
TOTAL	Supermercado <i>Standard</i>		471.211,79 €

5.1.1.2. Supermercado *E*cube*

Na Tabela 38 é apresentado o custo total para a proposta *E*cube* para o supermercado em questão.

Tabela 38 - Custo total da instalação frigorífica do supermercado *E*cube*

Elemento	Supermercado <i>E*cube</i>		
	Tipo/Modelo	Quantidade	Preço
Móveis positivos	<i>E*cube</i>	24	171.034,44 €
Móveis negativos	<i>E*cube</i>	10	67.948,48 €
Máquina de Gelo	FV 300 A	1	5.574,78 €
Controladores Móveis MT	AK-CC 550	8	2.058,35 €
Controladores Móveis LT	AK-CC 550	1	257,29 €
	AK-CC 750	4	1.845,88 €
Câmaras MT	Painéis	19	87.329,00 €
Câmaras LT	Painéis	4	18.385,05 €
Controladores câmaras MT	AK-CC 550	19	4.888,58 €
Controladores câmaras LT	AK-CC 550	4	1.029,18 €
Evaporadores positivos	R134A	19	16.483,06 €
Evaporadores negativos	R744	4	3.138,35 €
Planta multi-compressora positivos	VNP370-6330 + VCM270-3540	1	48.267,66 €
Planta multi-compressora negativos			
Condensador MT	AL91 8MDC 12PH	1	6.582,94 €
Condensador LT			
Tubagens (m)	R134 ^a	Ver Anexo B	3.978,23 €
	R744	Ver Anexo B	1.670,24 €
Refrigerante (kg)	R134 ^a	254	1.549,40 €
	R744	28	278,80 €
Instalação frigorífica (válvulas, controladores)	<i>E*cube</i>	1	46.391,11 €
Quadro eléctrico + instalação eléctrica	<i>E*cube</i>	1	32.116,92 €
Mão-de-obra instalação	<i>E*cube</i>	1	45.019,10 €
TOTAL	Supermercado <i>E*cube</i>		565.826,84 €

Dos orçamentos de investimento a realizar para cada uma das versões de supermercado, é de referir que a proposta *E*cube*, apresenta um custo inicial superior de 94.489,85 € (Anexo F).

5.1.2. Análise de consumos eléctricos

Como já foi referido anteriormente neste documento, os consumos eléctricos dos supermercados analisados resultam das plantas compressoras, dos condensadores das resistências de descongelação, dos ventiladores e da iluminação de móveis e câmaras.

Neste ponto do projecto serão comparados os consumos do funcionamento das duas versões de supermercado.

5.1.2.1. Móveis e Câmaras

O consumo eléctrico diário dos móveis e câmaras está representado no gráfico de barras que se segue (Figura 26). Este consumo resulta da actividade dos ventiladores, da iluminação e das resistências de descongelação, considerando o número de horas de funcionamento de cada componente analisado.

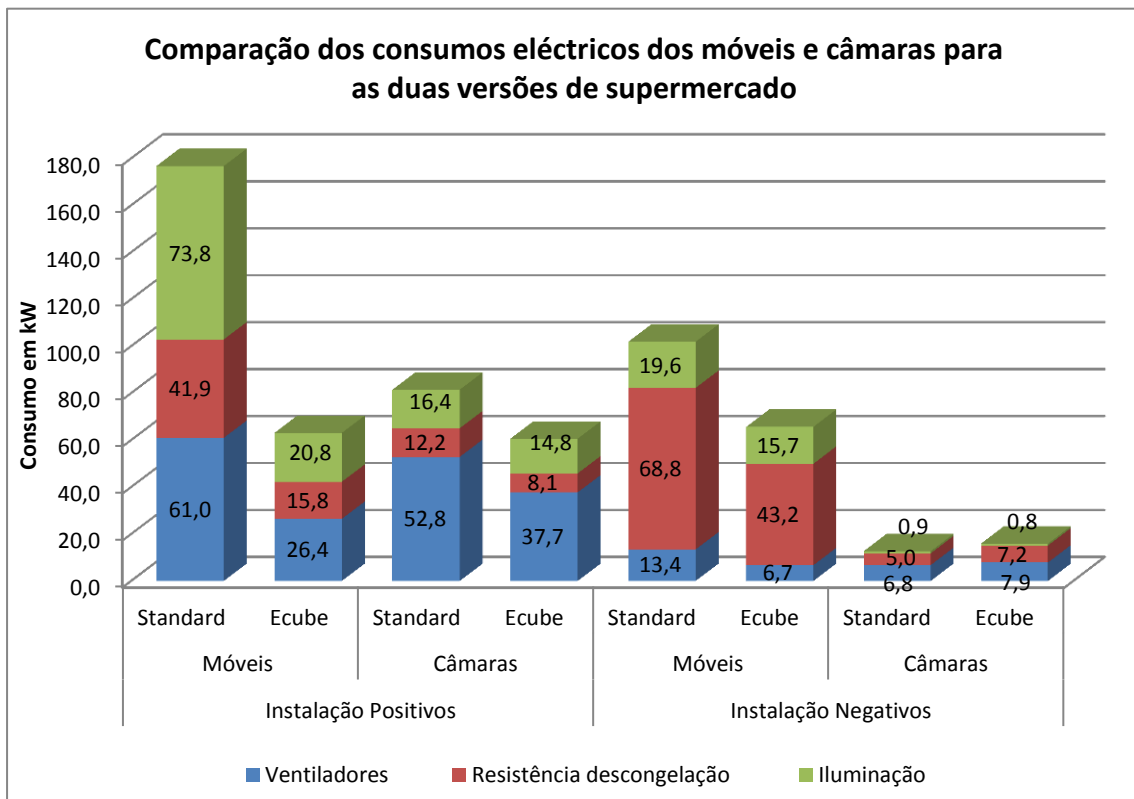


Figura 26 - Comparação dos consumos eléctricos de móveis e câmaras

Na instalação *Standard*, os móveis e câmaras têm associado um consumo eléctrico diário de 372,8 kW repartido por 258,2 kW para a instalação positiva e 114,6 kW para a instalação negativa.

Nesta situação, as câmaras consomem 94,1 kW por dia, enquanto os móveis consomem 278,6 kW. Existe uma diferença tão acentuada entre o consumo eléctrico diário dos móveis e câmaras, visto que os móveis para além de serem em maior número, ainda apresentam um maior número de horas de funcionamento. Por exemplo, a iluminação dos móveis encontra-se sempre ligada (período de abertura ao público), ao contrário do que acontece nas câmaras, que apenas se encontram em funcionamento durante os períodos em que alguém se encontra a operar nelas.

Analisando o caso particular dos móveis para temperaturas positivas no caso *Standard*, o consumo é significativamente maior porque a instalação em questão apresenta maior número de móveis de temperaturas positivas do que negativas.

Finalizando, para a situação *Standard*, podemos ainda referir, que, em relação ao consumo de resistências de descongelação, os móveis com temperaturas de conservação negativas apresentam um consumo superior ao dos móveis de temperaturas positivas. Apesar dos equipamentos de temperaturas positivas estarem presentes em maior número que os de temperaturas negativas, apenas necessitam de resistências de descongelação quando a sua temperatura de conservação se encontra entre os $\pm 0^{\circ}\text{C}/+2^{\circ}\text{C}$.

No que diz respeito ao supermercado *E*cube*, o consumo eléctrico diário dos móveis e câmaras total é de 205,2 kW, repartidos por 128,7 kW referente a móveis e 76,5 kW relativos aos consumos eléctricos de câmaras.

É de realçar na versão de supermercado *E*cube* foi utilizada iluminação LED e ventiladores electrónicos mais eficientes (em vez dos equipamentos convencionais de iluminação tubulares T5 e T8 e ventiladores termostáticos). Assim, foi possível uma redução notória no consumo destes equipamentos da versão *Standard* para a versão *E*cube*. O consumo relacionado com os ventiladores foi reduzido em aproximadamente 41%, enquanto que o consumo resultante da iluminação sofreu uma diminuição de 53%.

Relativamente ao consumo eléctrico resultante das resistências de descongelação, (com a rectificação dos regimes de temperatura de conservação dos géneros de produtos com temperaturas de conservação positivas), este valor foi reduzido em 42%. Esta diminuição no consumo de resistências de descongelação foi possível porque nos casos dos módulos de móveis MP6 e MP7 alterou-se a temperatura de conservação dos produtos, de $\pm 0^{\circ}\text{C}/+2^{\circ}\text{C}$ para $+2^{\circ}\text{C}/+4^{\circ}\text{C}$ (medida correctiva aplicada), deixando de ser necessário a utilização de resistência de descongelação.

5.1.2.2. Comparação entre as duas propostas de supermercado

No total, o consumo diário do supermercado irá ter o contributo dos consumos eléctricos dos móveis e câmaras (contabilizado no subcapítulo anterior), mais os consumos referentes às plantas compressoras e aos condensadores seleccionados. São estes consumos diários que serão ilustrados na Figura 27, para as duas propostas apresentadas. Em Anexo G, são apresentados os consumos individualizados para cada câmara e móvel utilizados.

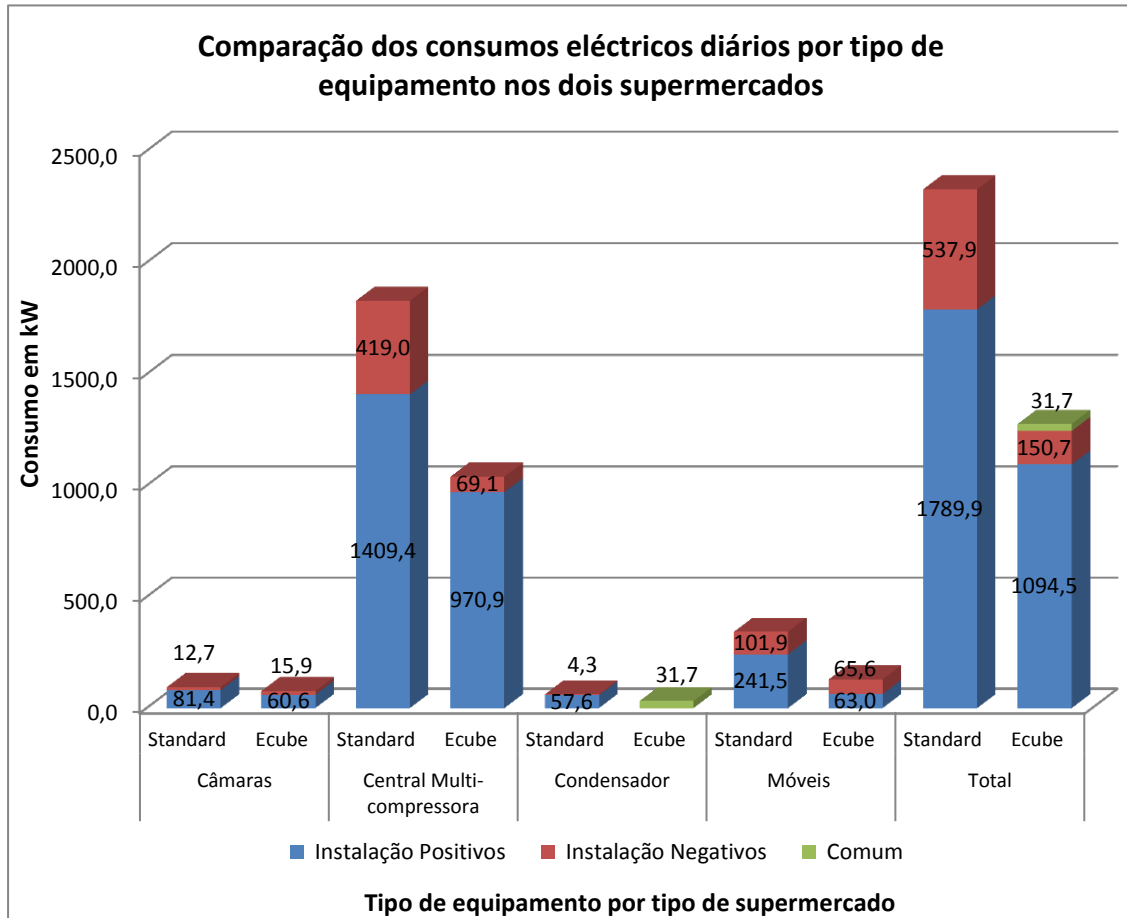


Figura 27 - Comparação dos consumos eléctricos diários por tipo de equipamento

A versão *Standard* apresenta um consumo diário total de 2263,1 kW, enquanto que a versão *Ecube* apenas 1276,9 kW, representando uma redução de 986,2 kW, correspondendo a uma redução de 44%.

O consumo total diário do supermercado *Standard* é repartido entre 1725,2 kW para a instalação de temperaturas positivas e 537,9 kW para a instalação de temperaturas negativas.

Por ordem decrescente de consumo diário, as centrais multi-compressoradas encontram-se como elemento principal de consumo numa instalação frigorífica, com o valor de 1828,4 kW. Os móveis são o segundo elemento com maior consumo, cifrando-se o seu valor em 278,6 kW.

As câmaras apresentam um consumo de 94,1 kW, enquanto que os condensadores da instalação apresentam o consumo mais reduzido de entre todos os equipamentos analisados (61,9 kW).

Relativamente à versão *E*cube*, o consumo diário relativo aos equipamentos analisados é de 1276,9 kW, repartido em 1094,5 kW para a instalação de temperaturas positivas, 150,7 kW para a instalação de temperaturas negativas e 31,7 kW referente ao condensador partilhado pelas duas instalações.

É possível registar uma diminuição no consumo eléctrico diário de cada componente analisado nesta comparação, sendo de realçar o acentuado decréscimo observado nas centrais multi-compressoradas, que passam de um consumo diário de 1828,4 kW na versão *Standard* para 1040,0 kW na versão *E*cube*.

5.2. Análise comparativa do potencial de aquecimento global

Usando a fórmula para o cálculo de *TEWI* de um sistema frigorífico, apresentada no capítulo de enquadramento teórico, foi realizado o cálculo para as duas versões de supermercado apresentadas.

Para este cálculo, foi considerada uma percentagem de fugas de 5% (relativamente à quantidade total de refrigerante da instalação), um tempo de vida útil da instalação de 15 anos, uma taxa de recuperação de refrigerante de 0,9, e uma emissão de CO₂ de 0,247 kg/kWh (WWF, 2012).

Na Figura 28 podem ser analisados os valores de emissões de CO₂ referentes ao consumo de energia eléctrica na instalação (impacto indirecto) e o referente às fugas e perdas de refrigerante na recuperação do mesmo (impacto directo).

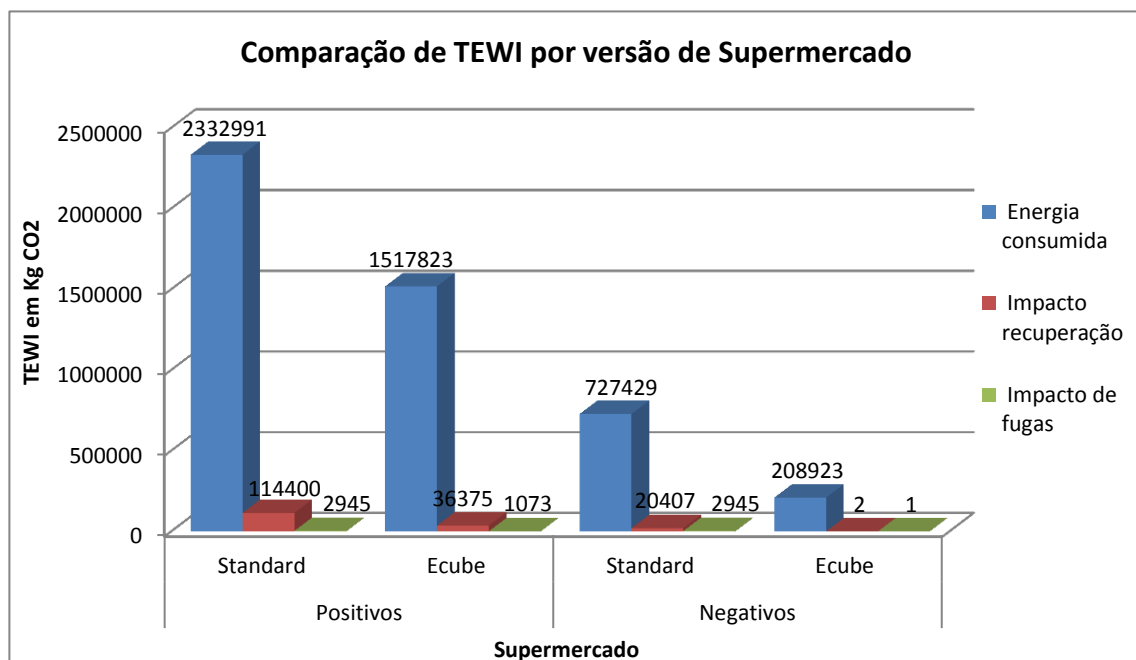


Figura 28 - Comparação de *TEWI* por versão de supermercado

É de referir que as emissões equivalentes de CO₂ relativas à energia consumida anualmente pelas duas versões de supermercado é o factor que mais contribui para o *TEWI*.

Da versão *Standard* para a versão *E*cube* houve uma redução na ordem dos 32% no caso da instalação dos equipamentos com temperaturas de conservação positivas. Na

instalação referente aos equipamentos com temperaturas de conservação negativas, a redução foi bastante mais elevada, registando-se uma diminuição de *TEWI* de 72%.

Os valores totais de *TEWI* são apresentados na Figura 29. O supermercado *Standard* apresenta um valor total de *TEWI* de 3.201 toneladas de CO₂ para o tempo de vida estimado da instalação, enquanto que para a versão *E*cube*, registou-se uma diminuição de 48%, ficando-se pelas 1.764 toneladas de CO₂.

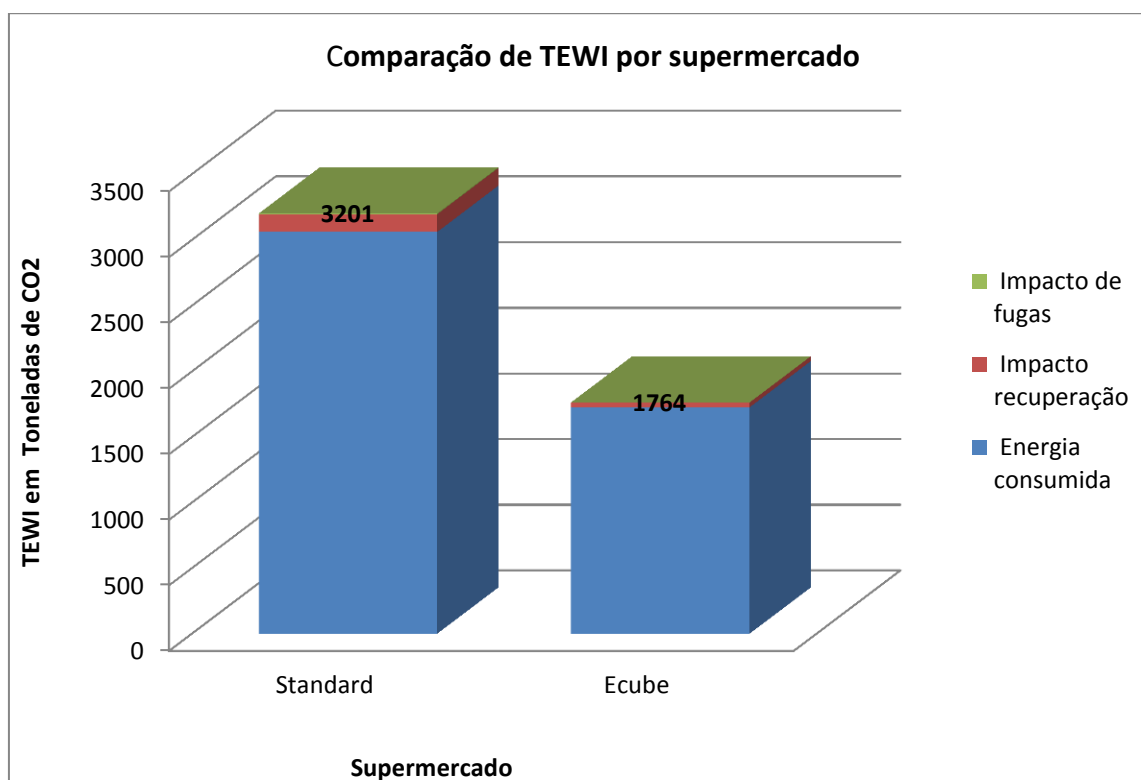


Figura 29 - Comparação de *TEWI* (Total)

5.3. Análise comparativa dos tempos de *payback*

O *payback*, é o tempo de amortização de um determinado investimento, podendo ser calculado através da razão:

$$\text{Payback} = \frac{\text{Custo total do investimento extra}}{\text{Poupança mensal com a Proposta E * cube}}$$

A versão *Standard* apresenta um consumo eléctrico mensal⁷ de 70.156 kW. A versão *E*cube* regista um consumo mensal de 39.583 kW, representando uma redução de 30.573 kW mensais, equivalente a 44%.

Considerando o preço de kW a 0,10 €⁸, obtém-se uma poupança mensal relativa à diminuição do consumo de 3.057,00 €.

Desta forma, o tempo de amortização dos equipamentos *E*cube* será:

$$\text{Payback} = \frac{94.489,85 \text{ €}}{3.057 \text{ €/mês}} \simeq 2 \text{ anos e } 7 \text{ meses}$$

Tendo em conta que o tempo médio de vida de um supermercado é 15 anos, é de realçar a possibilidade de amortizar o investimento em 3 anos e que durante os restantes 12 anos é possível poupar aproximadamente 440.208,00 € com a versão *E*cube*.

Tendo em conta a constante variação do preço por kW, será realizada de seguida, uma análise de sensibilidade deste tempo de *payback* (Tabela 39). O factor de variação aplicado nesta análise, para o preço por kW é de 10%.

Tabela 39 - Análise de sensibilidade do projecto

Alternativa	-10%	Preço actual	+ 10%
Custo por kW (€)	0,09	0,1	0,11
Poupança mensal (€)	2752	3057	3363
Tempo de Payback	2 anos e 10 meses	2 anos e 7 meses	2 anos e 4 meses

Esta eventual variação de 10% do preço por kW repercute-se no tempo de *payback* do investimento em ±3 meses.

⁷ Consumo mensal tendo em conta um mês com 31 dias.

⁸ Não foi efectuado estudo para tarifários bi ou tri-horários, visto que com a recente liberação do mercado energético, esta opção deixa, de momento, de estar disponível para novos contratos.

5.4. Análise crítica

A análise crítica realizada nesta parte do trabalho tenta projectar as propostas de melhoria para um cenário a nível nacional.

De referir que os valores apresentados são estimativas resultantes da suposição de que os supermercados e hipermercados em Portugal têm, na sua média total, uma estrutura e consumo semelhante ao supermercado apresentado no projecto.

5.4.1. Enquadramento nacional do projecto.

Tendo em conta os dados fornecidos pelo INE⁹, existem em Portugal, 1.815 supermercados e hipermercados (Anexo H). Supondo que estas lojas apresentam, na sua média geral, uma estrutura de supermercado semelhante ao exemplificado neste projecto, e que as suas necessidades frigoríficas, tanto para temperaturas positivas como negativas são semelhantes ou equivalentes a este, será realizada uma projecção a nível nacional dos resultados obtidos no capítulo anterior.

Se já é possível verificar uma diminuição significativa do consumo de energia eléctrica e do *TEWI* entre as duas versões de supermercado, quando analisada num panorama nacional, esta redução torna-se ainda mais expressiva.

Se todos os supermercados substituíssem os equipamentos e aplicassem as melhorias propostas neste projecto, obter-se-ia uma redução de consumo de energia eléctrica em Portugal de 55.489 MW¹⁰ por mês de funcionamento, o que corresponderia a 665.862 MW por ano.

Relativamente ao *Total Equivalent of Warming Impact*, com a proposta de melhoria apresentada, seria possível reduzir as emissões de CO₂ em Portugal, em cerca de 2.608.009 toneladas, durante os 15 anos de funcionamento dos sistemas nas lojas.

Em suma, com a aplicação desta simulação seria possível reduzir o consumo de energia eléctrica final em Portugal, em cerca de 1,4%. Estas percentagens foram calculadas tendo em conta os dados referentes a 2009 (DGEG, 2011a, 2011b).

⁹ INE: Instituto Nacional de Estatística

¹⁰ MW: Megawatt é o equivalente a 10⁶ do W

6. CONCLUSÃO

Considerando as actuais preocupações com o aquecimento global do planeta, pretendeu-se com este estudo avaliar a eficiência energética em sistemas de refrigeração, para o caso específico de um supermercado de média/grande dimensão. Apresentaram-se duas versões distintas, ambas passíveis de aplicação, a primeira denominada de *Standard* e a segunda de *E*cube*.

O principal objectivo proposto passou pela análise comparativa de custos de aquisição dos sistemas de refrigeração, de consumos energéticos e dos impactos ambientais entre as duas versões de supermercado.

Foi possível verificar que quando aplicadas medidas como a reestruturação das necessidades frigoríficas de câmaras e móveis, alteração de refrigerante, melhorias ao nível dos componentes de móveis e câmaras num sistema de refrigeração comercial de um supermercado, é possível alcançar uma redução significativa nos consumos eléctricos e do impacto ambiental.

Com a versão *E*cube* é possível assegurar uma redução de consumo diário de energia eléctrica do supermercado em 44%, relativamente à versão *Standard*. No que concerne ao factor ambiental, esta redução foi ainda mais acentuada, alcançando os 48%.

Mediante os factos anteriormente expostos, constatou-se que a versão de supermercado *E*cube* é plenamente exequível, apesar dos custos iniciais mais elevados, já que apresenta um tempo de *payback*, face ao investimento inicial do supermercado *Standard*, de apenas 2 anos e 7 meses, para um tempo útil de vida da instalação de 15 anos.

Neste trabalho deparei-me com a limitação da existência prévia da planta civil do supermercado. Consegui identificar alguns ajustes que poderiam ser discutidos em fase de projecto. Como exemplo, posso referir a organização espacial do sistema de refrigeração, que poderia ser mais propícia à poupança de material utilizado e consumos energéticos, ou ainda a eliminação de iluminação incidente em alguns dos móveis. A utilização de materiais específicos na construção do imóvel e alguns aspectos arquitectónicos poderiam contribuir também para o aumento da eficiência energética nestes sistemas de refrigeração.

A problemática do aquecimento global do planeta e as consequentes e restritas legislações que têm surgido a nível mundial, impulsionam e motivam cada vez mais a investigar e desenvolver novas alternativas e soluções de optimização dos sistemas de refrigeração na actualidade.

Terá de partir dos grupos de retalho alimentar a decisão de investir em sistemas de refrigeração optimizados, apesar de apresentarem um investimento inicial mais elevado. Esta opção terá, a curto prazo, uma repercussão imediata em termos de redução do impacto ambiental e a médio para uma repercussão em termos monetários.

7. BIBLIOGRAFIA

ADENE, & DGEG. (2010). Guia da Eficiência Energética (pp. 84).

Alvarado, F., Passaro, L., & Stefano. (2004). *Estudio y diseño del sistema de refrigeración de un supermercado que utiliza CO₂ como refrigerante secundario*. Master (pre-bologna period), Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.

Ananthanarayanan, P. N. (2006). *Basic Refrigeration and Air Conditioning*: Tata McGraw-Hill Publishing Company.

Barreras, A. L. M. M., P. R. (2004). *Fluidos frigoríficos*.

Batle, G. R. (2010). *Estudio y diseño de una instalación frigorífica que utiliza CO₂ como refrigerante en régimen subcrítico*. Master, Universitat Politècnica de Catalunya. , Barcelona.

Carrier. (2012), obtido a 8 de Abril de 2012, de Carrier Refrigeración Ibérica; <http://www.carrier-refrigeracion.es/>

CCE. (2007). A eficiência energética no subsector da cerâmica. In PEDIP (Ed.). Lisboa: Centro para a conservação da Energia.

CEFET. (2008). O Historico da Refrigeração. *Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia*, 60.

Danfoss. (2012), obtido a 12 de Maio de 2012, de Danfoss; <http://www.danfoss.com/>.

DGA. (2005). *Relatório do Estado do Ambiente*. Rio de Janeiro: Direcção Geral do Ambiente.

DGE. (2002). Eficiência Energética nos Edifícios. In D. G. d. Energia (Ed.), (Direcção Geral de Energia - Ministério da Economia ed., pp. 54): Direcção Geral de Energia.

DGEG. (2011a). Energia em Portugal - Principais Números. In D. G. d. E. e. Geologia (Ed.), (pp. 8).

DGEG. (2011b). A Factura Energética Portuguesa - 2010. In D. G. d. E. e. Geologia (Ed.), (pp. 17): Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento.

EDP. (2006). Guia Prático da Eficiência Energética (pp. 44): Energia de Portugal S.A.

EDP. (2012), obtido a 2 de Abril de 2012, de EDP; <http://www.eco.edp.pt/>

Hendrix, M., & Willson, C. (2007). Recommendations by the Associations of Environmental Professionals (AEP) on How to Analyze Greenhouse Gas Emissions

- and Global Climate Change in CEQA Documentos. *Association of Environmental Professionals*.
- IEE. (2009). Integration of Geothermal Energy into Industrial Applications. Setúbal: Intelligent Energy Europe.
- INE. (2009). Contas do Ambiente 1995-2006. Lisboa, Portugal: Instituto Nacional de Estatística.
- IPCC. (2001). Third Assessment Report: Climate Change: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2007). Climate Change 2007 Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change, Fourth Assessment Report, Synthesis Report *Synthesis Report* (pp. 74): Intergovernmental Panel on Climate Change.
- López, R. G. (2005). *Frío Industrial - Mantenimiento y servicios a la producción*: Marcombo, S.A.
- Marchioro, F. S. (2004). *Análise de Técnicas para a Redução do Consumo de Energia em Sistemas de Refrigeração para Supermercados*. Mestrado, Universidade Católica do Paraná, Curitiba.
- MMA. (2007). Uso de Fluidos Naturais em Sistemas de Refrigeração e Ar-condicionado. *PNUD e pela Agência Alemã de Cooperação Técnica*
- MMA, & ABRAS. (2006). *Manual de Boas Práticas em supermercados para Sistemas de Refrigeração e Ar Condicionado*. Brasil.
- OT. (2012), obtido a 2 de Abril de 2012, de Observatório Tecnológico; <http://www.ot.ufc.br/>
- Patterson, M. G. (1996). What is energy efficiency? Concepts, indicators and methodological issues (Vol. 24, pp. 377-390). Great Britain Department of Resource and Environmental Planning.
- Peixoto, R. A. (2004). Impacto Ambiental de Refrigerantes em Sistemas de Refrigeração e AC. 5. Retrieved from
- Pereira, R. A. (2010). *Uma Nova Metodologia para o Cálculo do Impacto das Aplicações de Refrigeração Residenciais sobre o Aquecimento Global*. Mestrado em Ciências Mecânicas, Universidade de Brasília, Brasília.
- Philips. (2009). Guia Prático Philips Iluminação - Lâmpadas, Reactores, Luminárias e LEDs (pp. 37): Philips.

- Pirani, M. J. (2004). *Refrigeração e Ar Condicionado* (pp. 244). Brasil: Universidade Federal da Bahia - Departamento de Engenharia Mecânica.
- Rhiemeier, J. M., Harnisch, J., & Ters, C. (2009). *Comparative Assessment of the Climate Relevance of Supermarket Refrigeration Systems and Equipment* (pp. 270): Federal Ministry of the Environment
- Sánchez, F. F. (2005). *Manual de boas práticas de eficiência energética* (pp. 47). Portugal: Universidade de Coimbra.
- Shecco. (2012). *2012: Natural Refrigerants Market Growth for Europe*.
- Silva, J. C. (2004). *Refrigeração Comercial e Climatização Industrial* (Vol. v.1). Brasil: Hemus.
- Soares, I. (2011). *Políticas e Experiências em Eficiência Energética Seminário Internacional Portugal-Brasil*. Coimbra: DGES.
- Vega, M. V. S. (2008). La Capa de Ozono. *Revista Biocenosis*, 67.
- Wiegard, J. (2001). *Quantification of Greenhouse Gases at Visy Industries using Life Cycle Assessment*. Master of Applied Science, Swinburne University of Technology.
- WWF. (2012). *Observatorio de Electricidade* (pp. 8). Espanha: World Wildlife Fund.

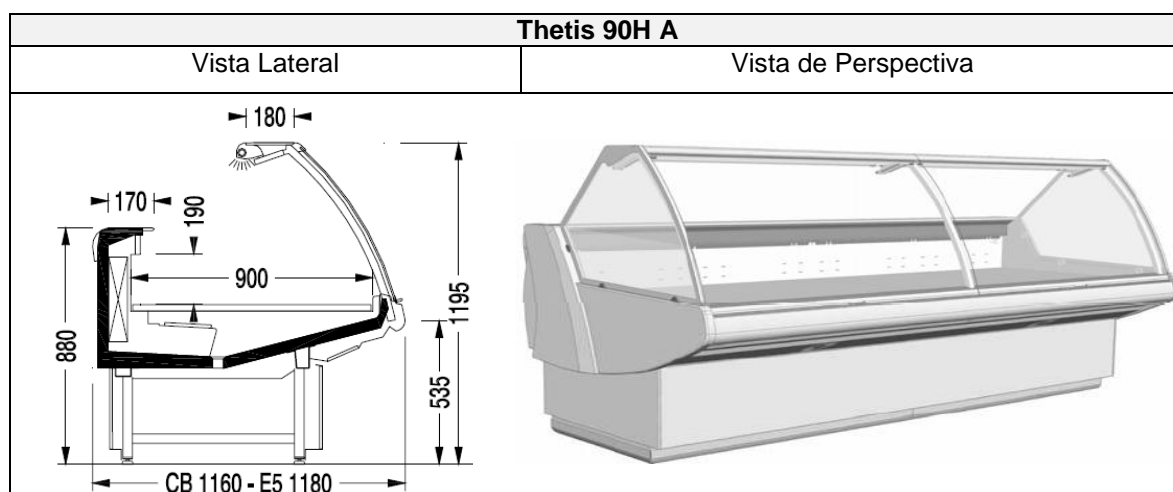
8. ANEXOS

A – Móveis e Características mais relevantes

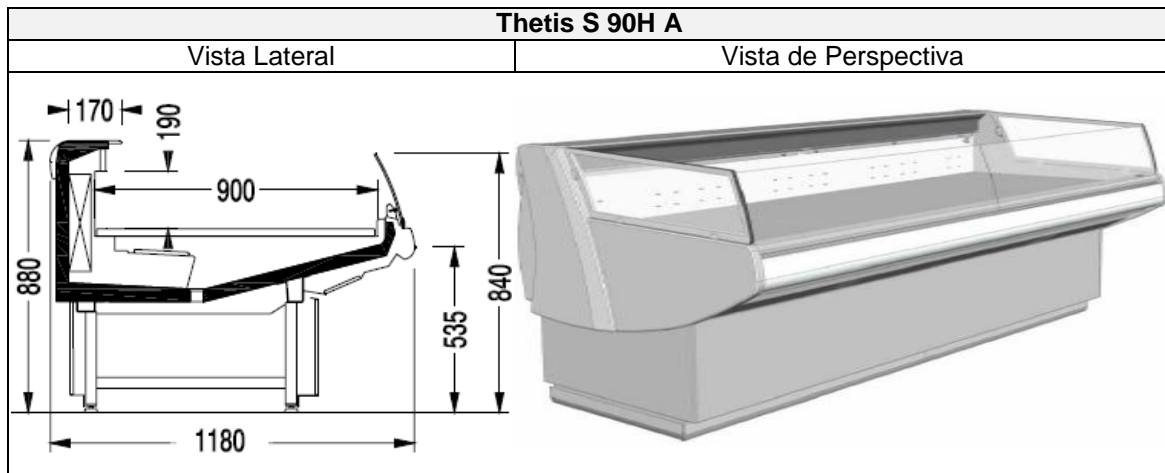
Móveis supermercado *Standard*:

MP01 - Vitrina de Serviço Tradicional de Talho			
Tipo	Thetis 90H A	Thetis 90H A	Thetis 90H A
Localização	1	2	3
Comprimento (mm)	2.500	3.750	3.750
Largura (mm)	1.180		
Altura (mm)	1.195		
Área de Exposição (m²)	2,25	3,38	3,38
Regime de Temperatura (°C)	±0/+2		
Potência Frigorífica (kW)	0,78	1,18	1,18
Temperatura de Evaporação (°C)	-9		
Iluminação	Superior		
Cor Iluminação	76		
Laterais	Vidro esquerda	Nada	Vidro direita
Tipo de Descongelação	Eléctrica		

MP02 - Vitrina de Serviço Tradicional de Charcutaria/Queijos			
Tipo	Thetis 90H A	Thetis 90H A	Thetis 90H A
Localização	1	2	3
Comprimento (mm)	1.875	3.750	3.750
Largura (mm)	1.180		
Altura (mm)	1.195		
Área de Exposição (m²)	1,69	3,38	3,38
Regime de Temperatura (°C)	+2/+4		
Potência Frigorífica (kW)	0,54	1,08	1,08
Temperatura de Evaporação (°C)	-7,5		
Iluminação	Superior		
Cor Iluminação	840		
Laterais	Vidro esquerda	Nada	Vidro direita
Tipo de Descongelação	Por circulação de ar		

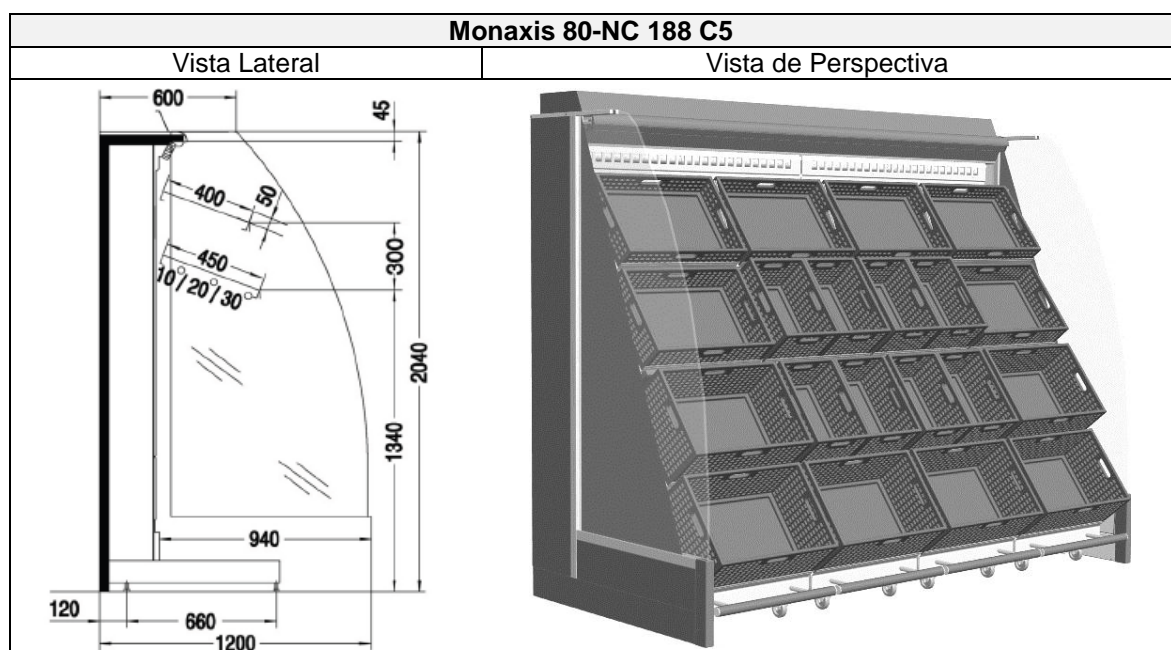


MP03 - Vitrina de Livre Serviço de Queijos	
Tipo	Thetis S 90H A
Localização	1
Comprimento (mm)	2.500
Largura (mm)	1.180
Altura (mm)	1.195
Área de Exposição (m²)	2,25
Regime de Temperatura (°C)	±0/+2
Potência Frigorífica (kW)	0,78
Temperatura de Evaporação (°C)	-9
Iluminação	Superior
Cor Iluminação	76
Laterais	Vidro térmico direita
Tipo de Descongelação	Eléctrica



MP04 – Mural Misto de Lácteos/Charcutaria				
Tipo	Monaxis 63 C3D	Monaxis 63 C3D	Monaxis 63 C3D	Monaxis 73 CE C3D
Localização	1	2	3	Topo1
Comprimento (mm)	1.875	2.500	3.750	2.255
Largura (mm)	980			1080
Altura (mm)	2.040			
Área de Exposição (m²)	2,40	3,19	4,78	2,61
Regime de Temperatura (°C)	+2/+4			
Potência Frigorífica (kW)	1,91	2,54	3,81	2,12
Temperatura de Evaporação (°C)	-5			
Iluminação	Superior e nas estantes			
Cor Iluminação	840			
Laterais	Vidro esquerda	Nada	Vidro direita	Panorâmico bilatera
Tipo de Descongelação	Por circulação de ar			

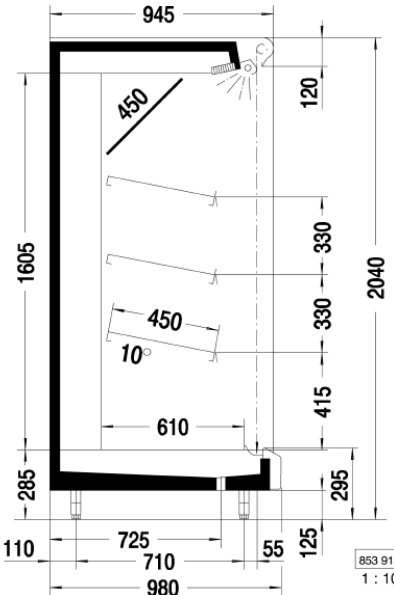
MP05 – Mural Ultra-fresh de Frutas/Verduras				
Tipo	Monaxis 80-NC 188 C5	Monaxis 80-NC 250 C5	Monaxis 80-NC 375 C5	Monaxis 80-NC CE C5
Localização	1	2	3	Topo1
Comprimento (mm)	1.875	2.500	3.750	1.875
Largura (mm)	1.200			
Altura (mm)	2.040			
Área de Exposição (m²)	1,60	2,12	3,19	1,60
Regime de Temperatura (°C)	+6/+8			
Potência Frigorífica (kW)	2,96	3,88	5,96	3,17
Temperatura de Evaporação (°C)	-5			
Iluminação	Superior			
Cor Iluminação	840			
Laterais	Vidro direita	Nada	Vidro esquerda	Panorâmico bilateral
Tipo de Descongelação	Por circulação de ar			

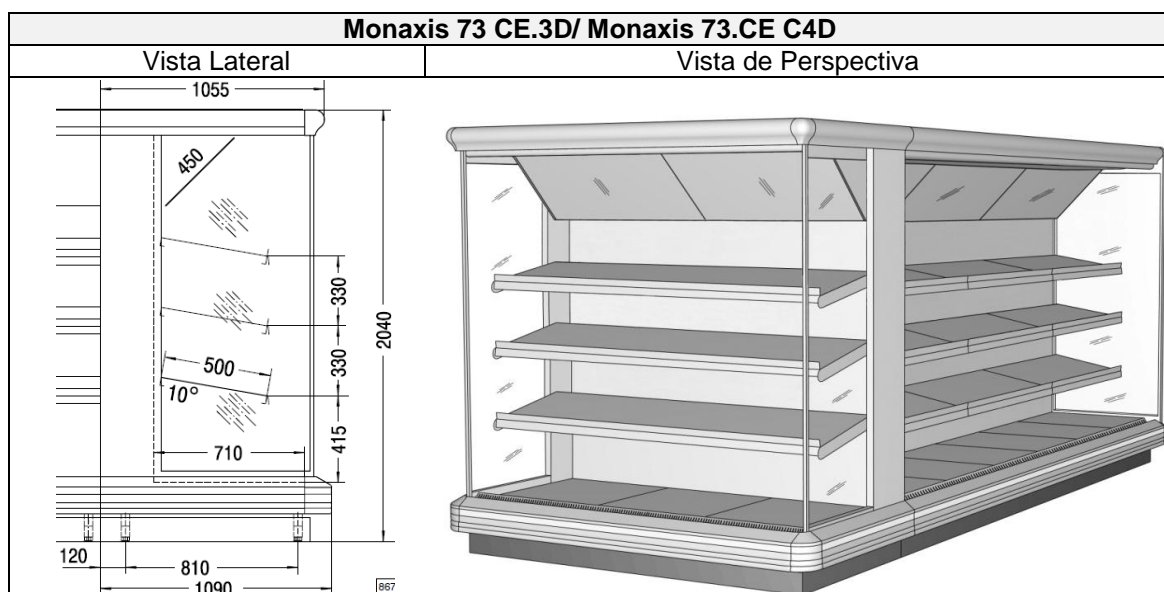


MP06 – Mural de Lacticínios de Livre Serviço I			
Tipo	Monaxis 63 C4D	Monaxis 63 C4D	Monaxis 63 C4D
Localização	1	2	3
Comprimento (mm)	1.875	3.750	3.750
Largura (mm)	980		
Altura (mm)	2.040		
Área de Exposição (m²)	3,68	7,35	7,35
Regime de Temperatura (°C)	±0/+2		
Potência Frigorífica (kW)	2,40	4,78	4,78
Temperatura de Evaporação (°C)	-9		
Iluminação	Superior e nas estantes		
Cor Iluminação	840		
Laterais	Vidro direita	Nada	Vidro esquerda
Tipo de Descongelação	Eléctrica		

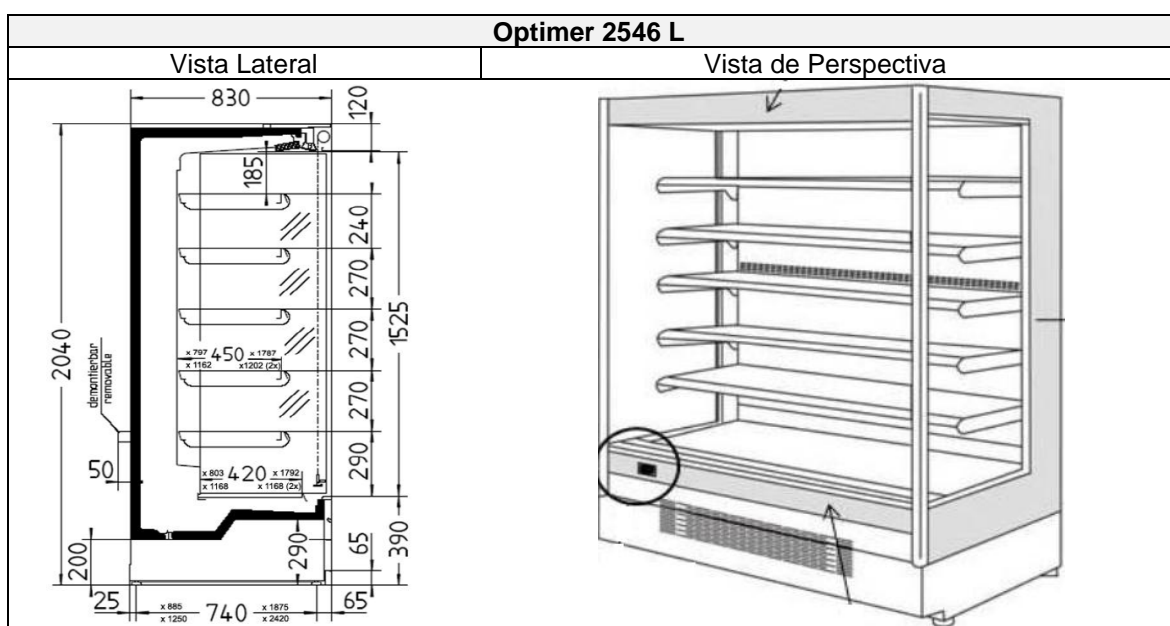
MP07 – Mural de Livre Serviço de Lacticínios II				
Tipo	Monaxis 63 C4D	Monaxis 63 C4D	Monaxis 73 CE C4D	Monaxis 73 CE C4D
Localização	1	2	Topo1	Topo2
Comprimento (mm)	3.750	3.750	2.255	2.255
Largura (mm)	980		1.080	
Altura (mm)	2.040			
Área de Exposição (m²)	7,35		4.42	
Regime de Temperatura (°C)	±0/+2			
Potência Frigorífica (kW)	4,78		2.61	
Temperatura de Evaporação (°C)	-9			
Iluminação	Superior e nas estantes			
Cor Iluminação	840			
Laterais	Nada	Nada	Panorâmico bilateral	
Tipo de Descongelação	Eléctrica			

MP08 – Mural de Livre Serviço e Talho	
Tipo	Monaxis 63 C4D
Localização	1
Comprimento (mm)	3.750
Largura (mm)	980
Altura (mm)	2.040
Área de Exposição (m²)	7,35
Regime de Temperatura (°C)	±0/+2
Potência Frigorífica (kW)	4,78
Temperatura de Evaporação (°C)	-9
Iluminação	Estantes
Cor Iluminação	840
Laterais	Panorâmico esquerda e direita
Tipo de Descongelação	Eléctrica

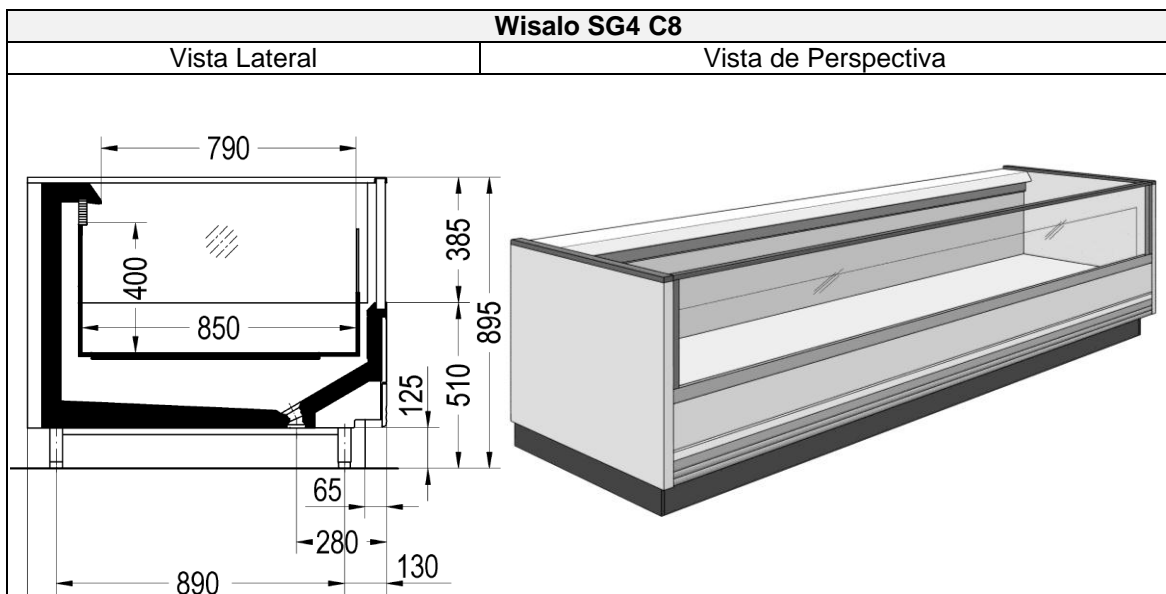
Monaxis 63 C3D/ Monaxis 63 C4D	
Vista Lateral	Vista de Perspectiva
	



MPA – Mural Autónomo de Bacalhau (Plug-in)	
Tipo	Optimer 2546 L (Plug-in)
Localização	1
Comprimento (mm)	2.420
Largura (mm)	740
Altura (mm)	2.040
Área de Exposição (m²)	2,10
Regime de Temperatura (°C)	±0/+2
Potência Frigorífica (kW)	2,56
Temperatura de Evaporação (°C)	-9
Iluminação	Superior e nas estantes
Cor Iluminação	840
Laterais	Panorâmico bilateral
Tipo de Descongelação	Eléctrica

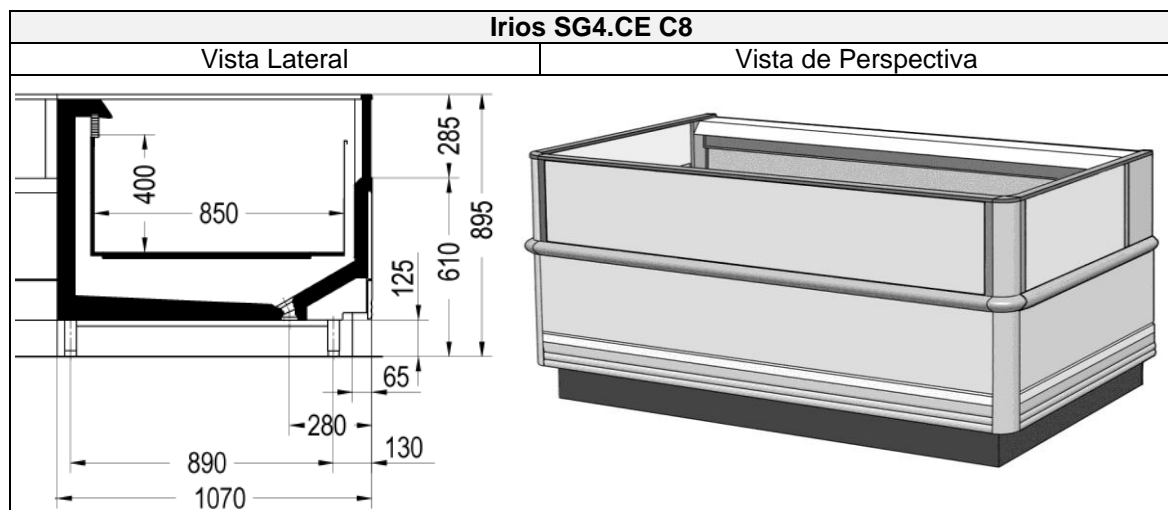
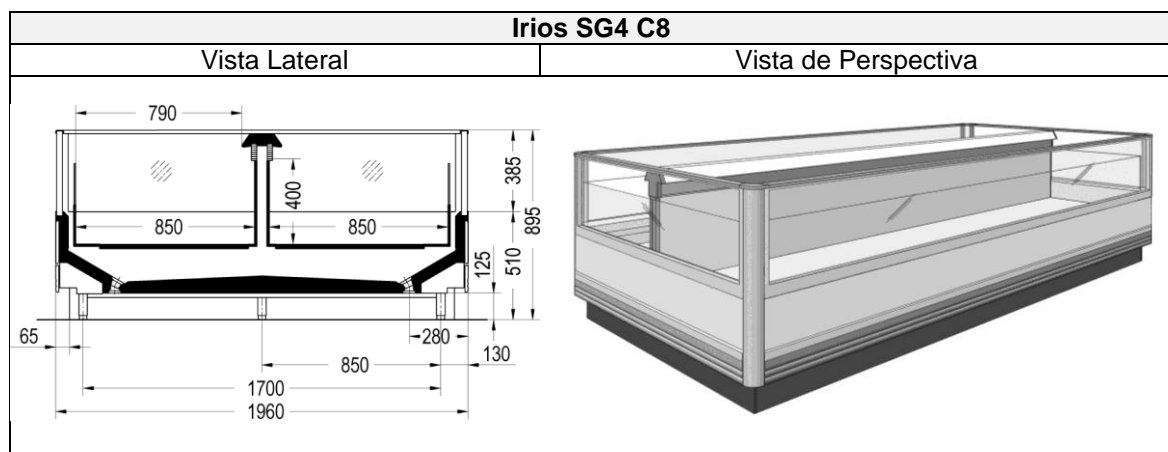


MN01 – Ilhas Congelados Simples de Peixe		
Tipo	Wisalo SG4 C8	Wisalo SG4 C8
Localização	1	2
Comprimento (mm)	2.500	
Largura (mm)	1.115	
Altura (mm)	895	
Área de Exposição (m²)	2,12	
Regime de Temperatura (°C)	-22/-24	
Potência Frigorífica (kW)	1,01	
Temperatura de Evaporação (°C)	-37	
Iluminação	Superior	
Cor Iluminação	840	
Laterais	Panorâmico esquerda	Panorâmico direita
Tipo de Descongelação	Eléctrica	



MN02 – Ilhas de Congelados Dupla				
Tipo	Irios SG4 C8	Irios SG4 C8	Irios SG4.CE C8	Irios SG4.CE C8
Localização	1	2	Topo1	Topo2
Comprimento (mm)	3.750		1.960	
Largura (mm)	1.960		1.070	
Altura (mm)	895			
Área de Exposição (m²)	6,38		1,56	
Regime de Temperatura (°C)	-22/-24			
Potência Frigorífica (kW)	2,88		0,74	
Temperatura de Evaporação (°C)	-37			
Iluminação	Superior e nas estantes			
Cor Iluminação	840			
Laterais	Nada	Nada	Panorâmico bilateral	
Tipo de Descongelação	Eléctrica			

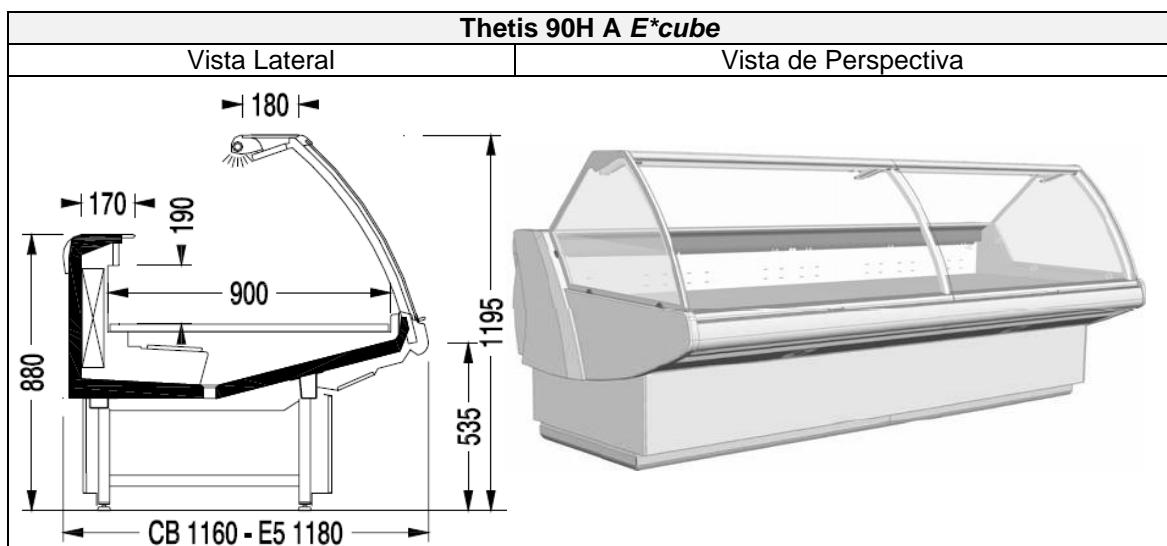
MN03 – Ilhas de Congelados Gelados Dupla				
Tipo	Irios SG4 C8	Irios SG4 C8	Irios SG4.CE C8	Irios SG4.CE C8
Localização	1	2	Topo1	Topo2
Comprimento (mm)	3.750		1.960	
Largura (mm)	1.960			
Altura (mm)	895			
Área de Exposição (m²)	6,38		1,56	
Regime de Temperatura (°C)	-22/-24			
Potência Frigorífica (kW)	2,88		0,74	
Temperatura de Evaporação (°C)	-37			
Iluminação	Superior e nas estantes			
Cor Iluminação	840			
Laterais	Nada	Nada	Panorâmico bilateral	
Tipo de Descongelação	Eléctrica			



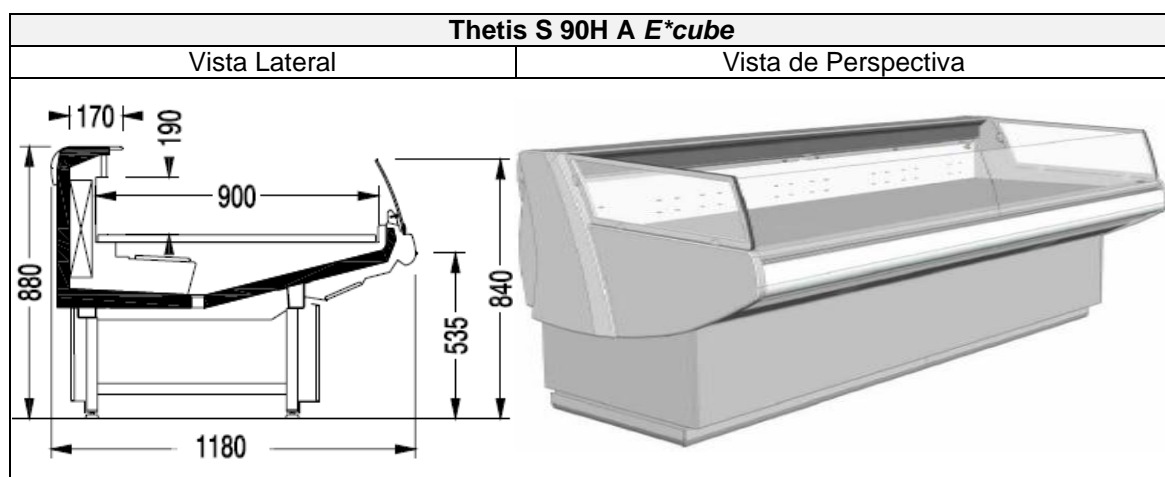
Móveis supermercado *E*cube*:

MP01 - Vitrina de Serviço Tradicional de Talho			
Tipo	Thetis 90H A <i>E*cube</i>	Thetis 90H A <i>E*cube</i>	Thetis 90H A <i>E*cube</i>
Localização	1	2	3
Comprimento (mm)	2.500	3.750	3.750
Largura (mm)	1.180		
Altura (mm)	1.195		
Área de Exposição (m²)	2,25	3,38	3,38
Regime de Temperatura (°C)	±0/+2		
Potência Frigorífica (kW)	0,78	1,18	1,18
Temperatura de Evaporação (°C)	-9		
Iluminação	Superior		
Cor Iluminação	~4500K		
Laterais	Vidro esquerda	Nada	Vidro direita
Tipo de Descongelação	Eléctrica		

MP02 - Vitrina de Serviço Tradicional de Charcutaria/Queijos			
Tipo	Thetis 90H A <i>E*cube</i>	Thetis 90H A <i>E*cube</i>	Thetis 90H A <i>E*cube</i>
Localização	1	2	3
Comprimento (mm)	1.875	3.750	3.750
Largura (mm)	1.180		
Altura (mm)	1.195		
Área de Exposição (m²)	1,69	3,38	3,38
Regime de Temperatura (°C)	+2/+4		
Potência Frigorífica (kW)	0,54	1,08	1,08
Temperatura de Evaporação (°C)	-7,5		
Iluminação	Superior		
Cor Iluminação	~4500K		
Laterais	Vidro esquerda	Nada	Vidro direita
Tipo de Descongelação	Por circulação de ar		

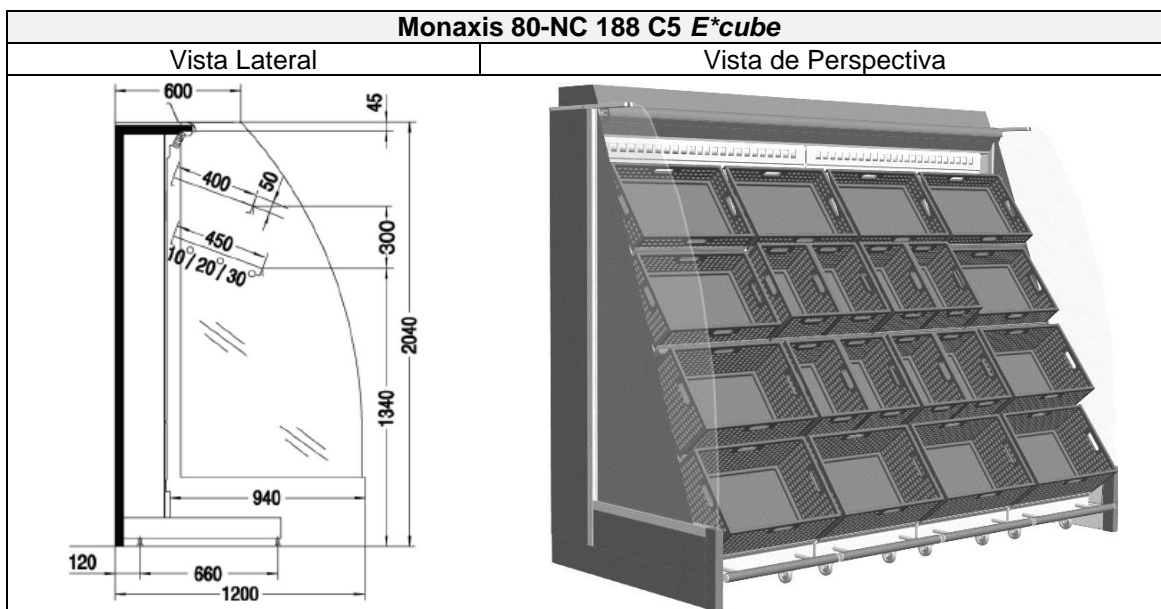


MP03 - Vitrina de Livre Serviço de Queijos	
Tipo	Thetis S 90H A <i>E*cube</i>
Localização	1
Comprimento (mm)	2.500
Largura (mm)	1.180
Altura (mm)	1.195
Área de Exposição (m²)	2,25
Regime de Temperatura (°C)	±0/+2
Potência Frigorífica (kW)	0,78
Temperatura de Evaporação (°C)	-9
Iluminação	Superior
Cor Iluminação	~4500K
Laterais	Vidro térmico direita
Tipo de Descongelação	Eléctrica



MP04 – Mural Misto de Lácteos/Charcutaria				
Tipo	Monaxis 63-GD C6 <i>E*cube</i>	Monaxis 63 GD C6 <i>E*cube</i>	Monaxis 63 GD C6 <i>E*cube</i>	Monaxis 73 GD.CEC6 <i>E*cube</i>
Localização	1	2	3	Topo1
Comprimento (mm)	1.875	2.500	3.750	2.255
Largura (mm)	980			1080
Altura (mm)	2.040			
Área de Exposição (m²)	4,53	6,02	9,04	5,42
Regime de Temperatura (°C)	+2/+4			
Potência Frigorífica (kW)	1,38	1,84	2,76	1,50
Temperatura de Evaporação (°C)	-5			
Iluminação	Superior e nas estantes			
Cor Iluminação	~4500K			
Laterais	Vidro esquerda	Nada	Vidro direita	Panorâmico bilateral
Tipo de Descongelação	Por circulação de ar			

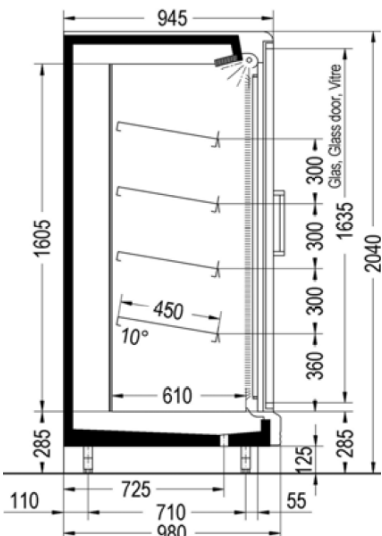
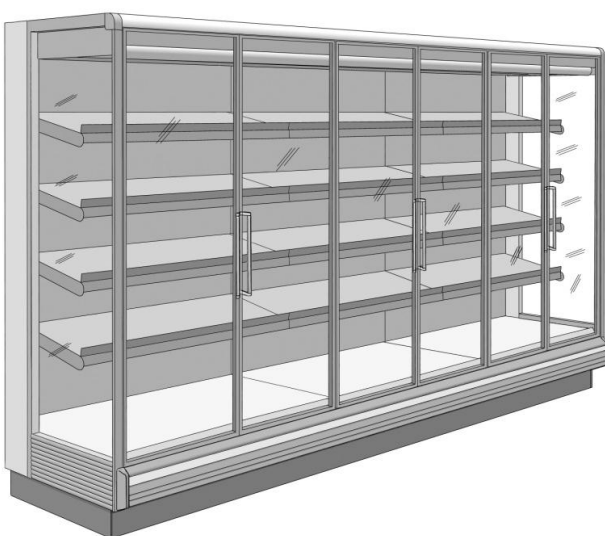
MP05 – Mural Ultra-fresh de Frutas/Verduras				
Tipo	Monaxis 80-NC 188 C5 <i>E*cube</i>	Monaxis 80-NC 250 C5 <i>E*cube</i>	Monaxis 80-NC 375 C5 <i>E*cube</i>	Monaxis 80-NC CE C5 <i>E*cube</i>
Localização	1	2	3	Topo1
Comprimento (mm)	1.875	2.500	3.750	1.875
Largura (mm)	1.200			
Altura (mm)	2.040			
Área de Exposição (m²)	1,60	2,12	3,19	1,60
Regime de Temperatura (°C)	+6/+8			
Potência Frigorífica (kW)	2,72	3,57	5,37	2,92
Temperatura de Evaporação (°C)	-5			
Iluminação	Superior			
Cor Iluminação	~4500K			
Laterais	Vidro direita	Nada	Vidro esquerda	Panorâmico bilateral
Tipo de Descongelação	Por circulação de ar			

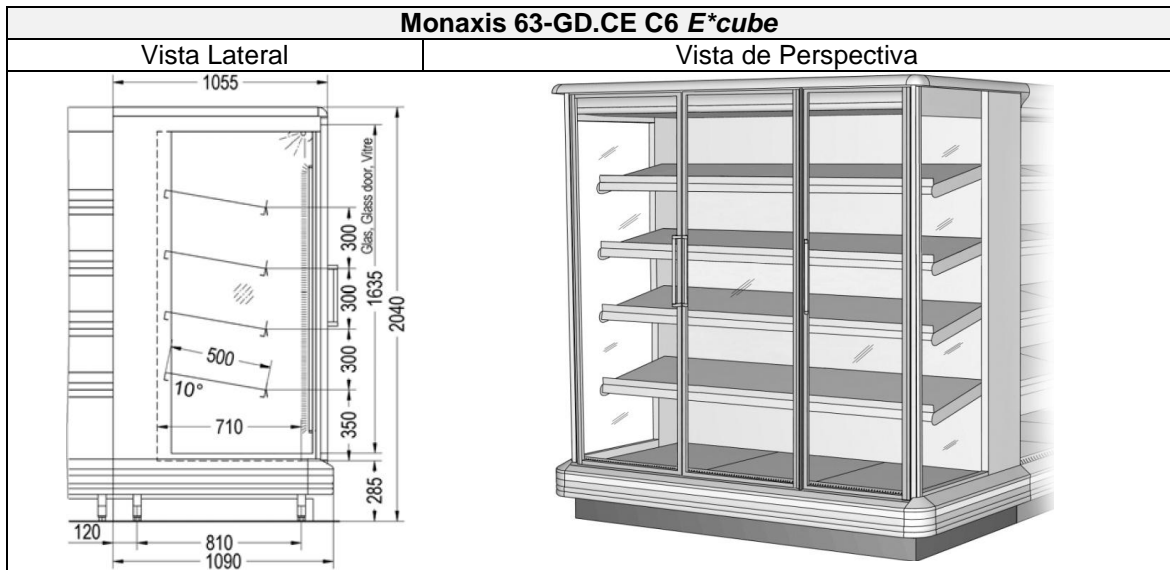


MP06 – Mural de Lacticínios de Livre Serviço I			
Tipo	Monaxis 63-GD C6 <i>E*cube</i>	Monaxis 63-GD C6 <i>E*cube</i>	Monaxis 63-GD C6 <i>E*cube</i>
Localização	1	2	3
Comprimento (mm)	1.875	3.750	3.750
Largura (mm)	980		
Altura (mm)	2.040		
Área de Exposição (m²)	4,53	9,04	9,04
Regime de Temperatura (°C)	+2/+4		
Potência Frigorífica (kW)	1,38	2,76	2,76
Temperatura de Evaporação (°C)	-5		
Iluminação	Superior e nas estantes		
Cor Iluminação	~4500K		
Laterais	Vidro direita	Nada	Vidro esquerda
Tipo de Descongelação	Eléctrica		

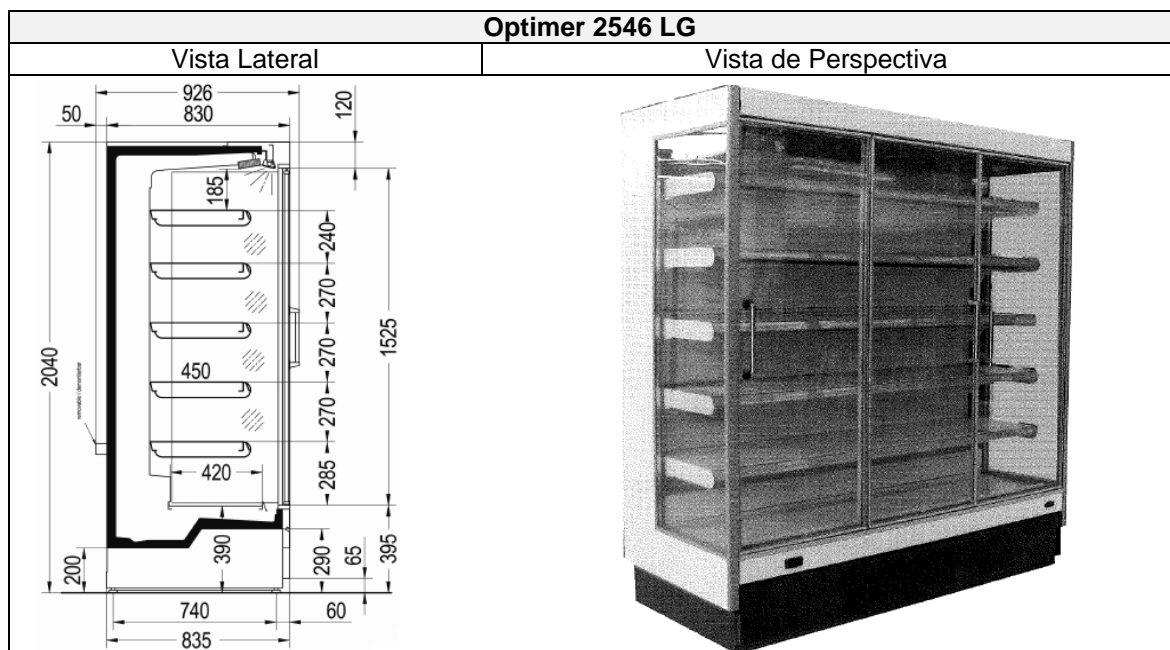
MP07 – Mural de Livre Serviço de Lacticínios II				
Tipo	Monaxis 63- GD C6 <i>E*cube</i>	Monaxis 63- GD C6 <i>E*cube</i>	Monaxis 73 GD.CE C6 <i>E*cube</i>	Monaxis 73 GD.CEC6 <i>E*cube</i>
Localização	1	2	Topo1	Topo2
Comprimento (mm)	3.750	3.750	2.255	2.255
Largura (mm)	980		1.080	
Altura (mm)	2.040			
Área de Exposição (m²)	9,04		5,42	
Regime de Temperatura (°C)	+2/+4			
Potência Frigorífica (kW)	2,76		1,50	
Temperatura de Evaporação (°C)	-5			
Iluminação	Superior e nas estantes			
Cor Iluminação	~4500K			
Laterais	Nada	Nada	Panorâmico bilateral	
Tipo de Descongelação	Eléctrica			

MP08 – Mural de Livre Serviço Talho	
Tipo	Monaxis 63-GD C6 <i>E*cube</i>
Localização	1
Comprimento (mm)	3.750
Largura (mm)	980
Altura (mm)	2.040
Área de Exposição (m²)	9,04
Regime de Temperatura (°C)	±0/+2
Potência Frigorífica (kW)	3,36
Temperatura de Evaporação (°C)	-7
Iluminação	Estantes
Cor Iluminação	~4500K
Laterais	Panorâmico esquerda e direita
Tipo de Descongelação	Eléctrica

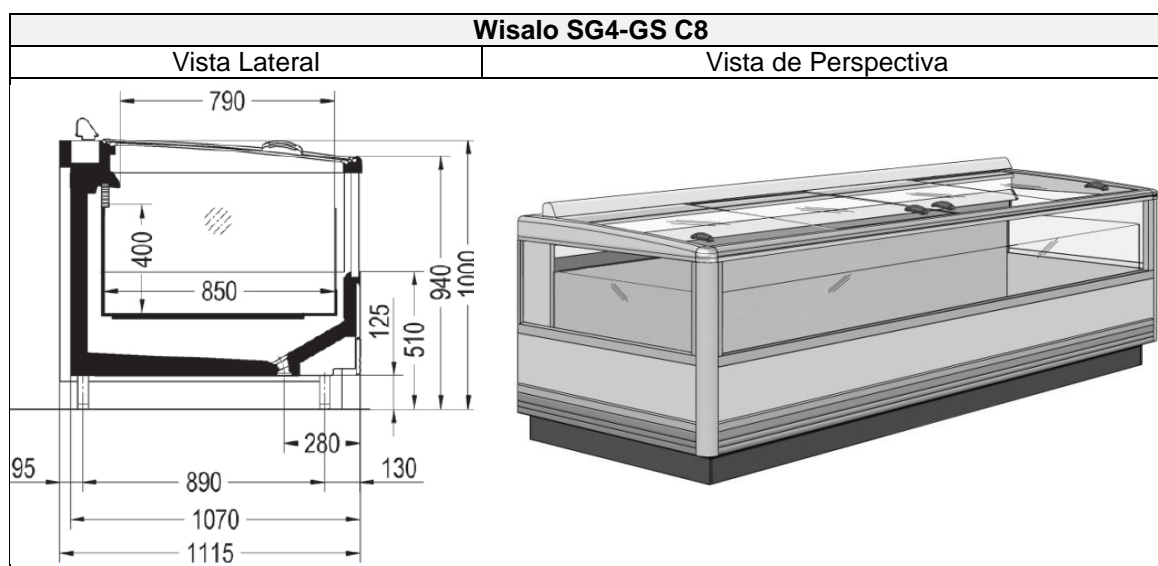
Monaxis 63-GD C6 <i>E*cube</i>	
Vista Lateral	Vista de Perspectiva
 <p>Technical drawing of the Monaxis 63-GD C6 <i>E*cube</i> unit showing side and front views with dimensions. The side view shows a height of 2040 mm, a width of 980 mm, and a depth of 945 mm. The front view shows a height of 1605 mm, a width of 980 mm, and a depth of 945 mm. The unit features a glass door on the right side, a handle on the left, and a base with a height of 110 mm. The internal shelves are shown at a 10° angle. The unit is labeled 'Glas, Glass door, Vitre'.</p>	 <p>3D perspective view of the Monaxis 63-GD C6 <i>E*cube</i> unit, showing its overall structure, glass door, and internal shelving.</p>



MPA – Mural Autónomo de Bacalhau (Plug-in)	
Tipo	Optimer 2546 LG
Localização	1
Comprimento (mm)	2.420
Largura (mm)	835
Altura (mm)	2.040
Área de Exposição (m²)	3,75
Regime de Temperatura (°C)	±0/+2
Potência Frigorífica (kW)	2,56
Temperatura de Evaporação (°C)	-9
Iluminação	Superior e nas estantes
Cor Iluminação	~4500K
Laterais	Panorâmico bilateral
Tipo de Descongelação	Eléctrica

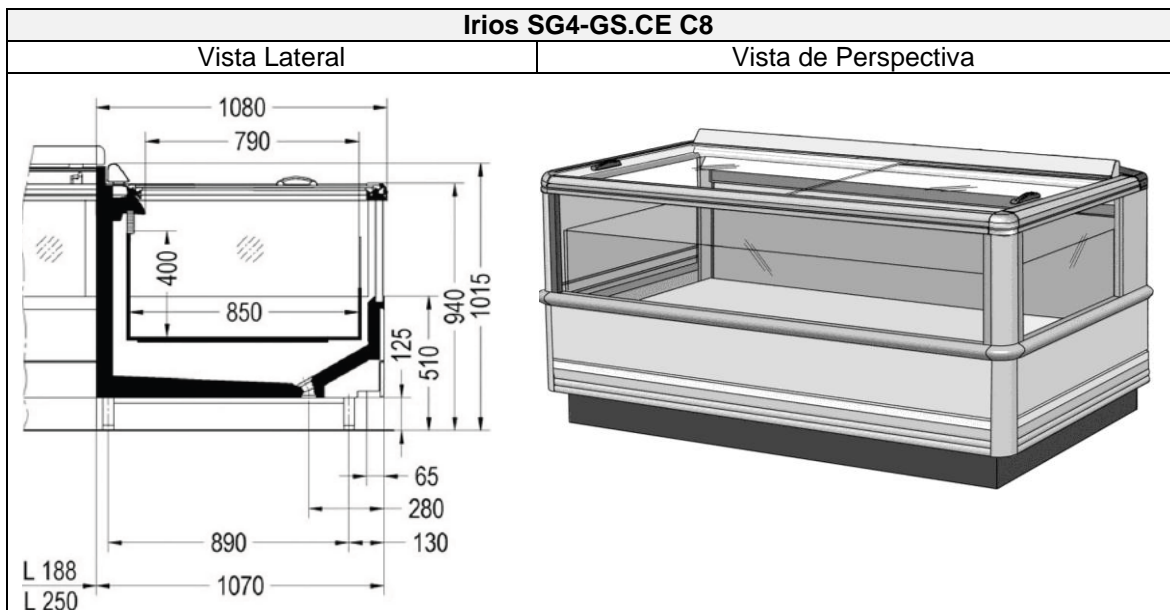
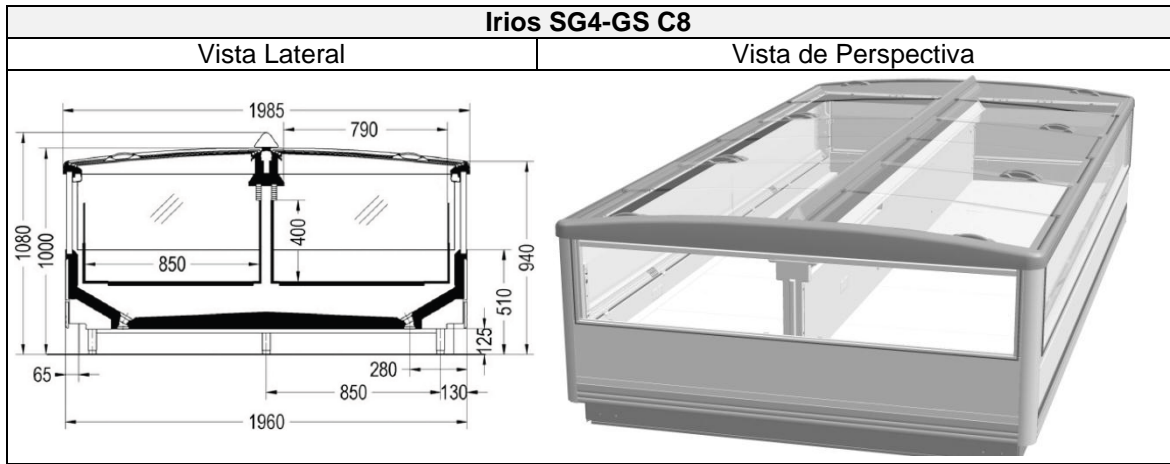


MN01 – Ilhas Congelados Simples de Peixe		
Tipo	Wisalo SG4-GS C8	Wisalo SG4-GS C8
Localização	1	2
Comprimento (mm)	2.500	
Largura (mm)	1.115	
Altura (mm)	895	
Área de Exposição (m²)	2,12	
Regime de Temperatura (°C)	-18/-20	
Potência Frigorífica (kW)	0,53	
Temperatura de Evaporação (°C)	-27	
Iluminação	Superior	
Cor Iluminação	~4500K	
Laterais	Panorâmico esquerda	Panorâmico direita
Tipo de Descongelação	Eléctrica	



MN02 – Ilhas de Congelados Dupla				
Tipo	Irios SG4- GS C8	Irios SG4- GS C8	Irios SG4- GS.CE C8	Irios SG4- GS.CE C8
Localização	1	2	Topo1	Topo2
Comprimento (mm)	3.750		1.960	
Largura (mm)	1.960		1.070	
Altura (mm)	895			
Área de Exposição (m²)	6,38		1,56	
Regime de Temperatura (°C)	-18/-20			
Potência Frigorífica (kW)	1,47		0,38	
Temperatura de Evaporação (°C)	-27			
Iluminação	Superior e nas estantes			
Cor Iluminação	~4500K			
Laterais	Nada	Nada	Panorâmico bilateral	
Tipo de Descongelação	Eléctrica			

MN03 – Ilhas de Congelados Gelados Dupla				
Tipo	Irios SG4-GS C8	Irios-GS SG4 C8	Irios SG4-GS.CE C8	Irios SG4-GS.CE C8
Localização	1	2	Topo1	Topo2
Comprimento (mm)	3.750		1.960	
Largura (mm)	1.960			
Altura (mm)	895			
Área de Exposição (m²)	6,38		1,56	
Regime de Temperatura (°C)	-22/-24			
Potência Frigorífica (kW)	1,66		0,43	
Temperatura de Evaporação (°C)	-32			
Iluminação	Superior e nas estantes			
Cor Iluminação	~4500K			
Laterais	Nada	Nada	Panorâmico bilateral	
Tipo de Descongelação	Eléctrica			



B – Tubagens

Standard:

	suction line (M)	liquid line	discharge line	condensate line	total length
Material: 22					
3/8. x 0.71	0.0 m	126.5 m	0.0 m	0.0 m	126.5 m
1/2. x 0.73	9.0 m	86.6 m	0.0 m	0.0 m	95.6 m
5/8. x 0.82	65.0 m	67.9 m	3.0 m	0.0 m	135.9 m
3/4. x 0.86	68.5 m	32.5 m	0.0 m	0.0 m	101.0 m
7/8. x 0.84	61.0 m	19.0 m	0.0 m	0.0 m	80.0 m
1 1/8. x 1.04	45.5 m	10.5 m	0.0 m	0.0 m	56.0 m
1 3/8. x 1.04	64.5 m	23.5 m	3.0 m	0.0 m	91.0 m
1 5/8. x 1.04	2.1 m	0.0 m	4.0 m	0.0 m	6.1 m
2 1/8. x 1.04	23.4 m	0.0 m	0.0 m	7.0 m	30.4 m
2 5/8. x 1.38	27.5 m	0.0 m	0.0 m	0.0 m	27.5 m
3 1/8. x 1.38	0.0 m	0.0 m	0.0 m	0.0 m	0.0 m
3 5/8. x 1.73	0.0 m	0.0 m	0.0 m	0.0 m	0.0 m
4 1/8. x 1.73	0.0 m	0.0 m	0.0 m	0.0 m	0.0 m

*E*cube:*

Condenser (R134)		Cascade Cascade Cascade Condenser (R744)			
	suction line	liquid line	discharge line (M)	condensate line	total length
Material: 22					
3/8. x 0.71	0.0 m	163.0 m	0.0 m	0.0 m	163.0 m
1/2. x 0.73	12.0 m	93.1 m	0.0 m	0.0 m	105.1 m
5/8. x 0.82	58.0 m	60.4 m	0.0 m	0.0 m	118.4 m
3/4. x 0.86	42.5 m	14.1 m	0.0 m	0.0 m	56.6 m
7/8. x 0.84	64.5 m	11.4 m	3.0 m	0.0 m	78.9 m
1 1/8. x 1.04	52.5 m	21.5 m	0.0 m	0.0 m	74.0 m
1 3/8. x 1.04	70.1 m	4.0 m	3.0 m	0.0 m	77.1 m
1 5/8. x 1.04	28.9 m	0.0 m	4.0 m	7.0 m	39.9 m
2 1/8. x 1.04	13.5 m	0.0 m	0.0 m	0.0 m	13.5 m
2 5/8. x 1.38	4.0 m	0.0 m	0.0 m	0.0 m	4.0 m
3 1/8. x 1.38	21.5 m	0.0 m	0.0 m	0.0 m	21.5 m
3 5/8. x 1.73	0.0 m	0.0 m	0.0 m	0.0 m	0.0 m
4 1/8. x 1.73	0.0 m	0.0 m	0.0 m	0.0 m	0.0 m

Condenser (R134)		Cascade Cascade Condenser (R744)		
		suction line	liquid line	total length
▼ Material: 25				
3/4 x 1.40		0.0 m	0.0 m	0.0 m
7/8 x 1.60		0.0 m	0.0 m	0.0 m
1 1/8 x 2.10		0.0 m	0.0 m	0.0 m
1 3/8 x 2.60		0.0 m	0.0 m	0.0 m
▼ Material: 1				
10. x 1.00		104.0 m	170.0 m	274.0 m
12. x 1.00		20.0 m	0.0 m	20.0 m
15. x 1.00		46.0 m	0.0 m	46.0 m
18. x 1.00		0.0 m	0.0 m	0.0 m
22. x 1.00		0.0 m	0.0 m	0.0 m
28. x 1.50		0.0 m	0.0 m	0.0 m
35. x 1.50		0.0 m	0.0 m	0.0 m
42. x 1.50		0.0 m	0.0 m	0.0 m
54. x 2.00		0.0 m	0.0 m	0.0 m

C – Quantidade de Refrigerante por equipamento

Standard:

	Numeração	Designação	Equipamento	Refrigerante (Kg)
Positivos (R404A)	MP01	Vitrina Talho	Thetis 250 90H A	0,16
		Vitrina Talho	Thetis 375 90H A	0,25
		Vitrina Talho	Thetis 375 90H A	0,25
	MP02	Vitrina Charc/Queijos Trad.	Thetis 188 90H A	0,12
		Vitrina Charc/Queijos Trad.	Thetis 375 90H A	0,25
		Vitrina Charc/Queijos Trad.	Thetis 375 90H A	0,25
	MP03	Vitrina Charc. Livre Serviço	Thetis 250 S 90H A	0,16
	MP04	Mural Lacticínios	Monaxis 63.188 C3D	0,83
		Mural Lacticínios	Monaxis 63.250 C3D	1,13
		Mural Lacticínios	Monaxis 63.375 C3D	1,77
		Mural Lacticínios - topo	Monaxis 73.CE188 C3D	0,89
	MP05	Mural Ultra Fresh Frutas/Verd	Monaxis 80-NC.188 C5	0,93
		Mural Ultra Fresh Frutas/Verd	Monaxis 80-NC.250 C5	1,23
		Mural Ultra Fresh Frutas/Verd	Monaxis 80-NC.375 C5	1,87
		Mural Ultra Fresh Frutas/Verd - topo	Monaxis 80-NC.CE188 C5	0,99
	MP06	Mural Lacticínios	Monaxis 63.188 C4D	0,64
		Mural Lacticínios	Monaxis 63.375 C4D	1,36
		Mural Lacticínios	Monaxis 63.375 C4D	1,36
	MP07	Mural Lacticínios - topo	Monaxis 73.CE188 C4D	0,68
		Mural Lacticínios	Monaxis 63.375 C4D	1,36
		Mural Lacticínios	Monaxis 63.375 C4D	1,36
		Mural Lacticínios - topo	Monaxis 73.CE188 C4D	0,68
	MP08	Mural Talho	Monaxis 63.375 C4D	1,36
	MPA	Mural Bacalhau	Plug-in Optimizer 2546L	1,00
	CP01	Camara Talho	Comfort DPA 033C-L	10,2
	CP02	Antecâmara Refrigerados	Comfort DPB 031C-L	3,4
	CP03	Camara Ossos	Comfort DPBE 031C-S	3,4
	CP04	Preparação Talho	Comfort DPA 033C-S	10,2
	CP05	Camara Aves	Comfort DPBE 031C-N	3,5
	CP06	Camara Legumes	Comfort DPBE 042C-S	10,2
	CP07	Camara Lacticínios	Compact DFB 052C	2,7
	CP08	Antecâmara 1	Comfort DFA 071C	2,5
	CP09	Camara Queijos	Comfort DPBE 031C-L	3,4
	CP10	Camara Charcutaria	Comfort DFA 033C	1,8
	CP11	Camara Indiferenciados	Comfort DFA 033C	1,8
	CP12	Antecâmara 2	Junior DFA 032C	1,2
	CP13	Camara Bacalhau	Compact DFA 051C	1,4
	CP14	Camara Rejeitados	Junior DFB 032C	1,2
	CP15	Preparação Peixaria	Compact DFA 071C	2,5
	CP16	Camara Peixe	Compact DFAE 071C	2,5
	CP17	Antecâmara Refrigerados 2	Comfort DPA 032C-S	6,8
	CP18	Corredor I	Market Plus SPB 023D	5,3
	CP19	Camara Padaria	Junior DFA 022C	0,8
	TOTAL de Kg de refrigerante R404A em equipamentos MT			94,68

	Numeração	Designação	Equipamento	Refrigerante (Kg)
Negativos (R404A)	MN01	Ilha Congelados Simples	Wisalo SG4 250 C8	0,36
		Ilha Congelados Simples	Wisalo SG4 250 C8	0,36
	MN02	Ilha Congelados topo	Irios SG4.CE183 C8	0,25
		Ilha Congelados Dupla	Irios SG4.375 C8	0,56
		Ilha Congelados Dupla	Irios SG4.375 C8	0,56
		Ilha Congelados topo	Irios SG4.CE183 C8	0,25
		Ilha Congelados topo	Irios SG4.CE183 C8	0,25
	MN03	Ilha Congelados Dupla	Irios SG4.375 C8	0,56
		Ilha Congelados Dupla	Irios SG4.375 C8	0,56
		Ilha Congelados Dupla	Irios SG4.375 C8	0,56
		Ilha Congelados topo	Irios SG4.CE183 C8	0,25
	CN01	Camara Congelados	Compact DFBE 051C	1,4
	CN02	Camara Cong Vários	Compact DFBE 062C	3,4
	CN03	Camara Cong Peixe	Compact DFBE 071C	2,5
	CN04	Camara Cong Padaria	Junior DFBE 022C	0,8
	TOTAL de Kg de refrigerante R404A em equipamentos LT			12,06

	condenser I	condenser II	total sum
air cooler	0.00 kg	0.00 kg	0.00 kg
liquid collector	0.00 kg	0.00 kg	0.00 kg
condenser	116.45 kg	16.99 kg	133.44 kg
desuperheating	0.00 kg	0.00 kg	0.00 kg
dispaly cases	0.00 kg	0.00 kg	0.00 kg
heat recovery	0.00 kg	0.00 kg	0.00 kg
other consumers	0.00 kg	0.00 kg	0.00 kg
pipe network	80.26 kg	22.93 kg	103.19 kg
	196.71 kg	39.92 kg	236.63 kg

*E*cube:*

	Numeração	Designação	Equipamento	Refrigerante (Kg)
Positivos (R134A)	MP01	Vitrina Talho	Thetis 250 90H A <i>E*cube</i>	0,39
		Vitrina Talho	Thetis 375 90H A <i>E*cube</i>	0,61
		Vitrina Talho	Thetis 375 90H A <i>E*cube</i>	0,61
	MP02	Vitrina Charc/Queijos Trad.	Thetis 188 90H A <i>E*cube</i>	0,29
		Vitrina Charc/Queijos Trad.	Thetis 375 90H A <i>E*cube</i>	0,61
		Vitrina Charc/Queijos Trad.	Thetis 375 90H A <i>E*cube</i>	0,61
	MP03	Vitrina Charc. Livre Serviço	Thetis 250 S 90H A <i>E*cube</i>	0,39
	MP04	Mural Lacticínios	Monaxis 63-GD.188 C6 <i>E*cube</i>	1,56
		Mural Lacticínios	Monaxis 63-GD.250 C6 <i>E*cube</i>	2,12
		Mural Lacticínios	Monaxis 63-GD.375 C6 <i>E*cube</i>	3,27
		Mural Lacticínios - topo	Monaxis 73-GD.CE188 C6 <i>E*cube</i>	1,56
	MP05	Mural Ultra Fresh Frutas/Verd	Monaxis 80-NC.188 C5 <i>E*cube</i>	1,95
		Mural Ultra Fresh Frutas/Verd	Monaxis 80-NC.250 C5 <i>E*cube</i>	2,58
		Mural Ultra Fresh Frutas/Verd	Monaxis 80-NC.375 C5 <i>E*cube</i>	3,93
		Mural Ultra Fresh Frutas/Verd - topo	Monaxis 80-NC.CE188 C5 <i>E*cube</i>	2,08
	MP06	Mural Lacticínios	Monaxis 63-GD.188 C6 <i>E*cube</i>	1,56
		Mural Lacticínios	Monaxis 63-GD.375 C6 <i>E*cube</i>	3,27
		Mural Lacticínios	Monaxis 63-GD.375 C6 <i>E*cube</i>	3,27
	MP07	Mural Lacticínios - topo	Monaxis 73-GD.CE188 C6 <i>E*cube</i>	1,67
		Mural Lacticínios	Monaxis 63-GD.375 C6 <i>E*cube</i>	3,27
		Mural Lacticínios	Monaxis 63-GD.375 C6 <i>E*cube</i>	3,27
		Mural Lacticínios - topo	Monaxis 73-GD.CE188 C6 <i>E*cube</i>	1,67
	MP08	Mural Talho	Monaxis 63-GD.375 C6 <i>E*cube</i>	3,27
	MPA	Mural Bacalhau	Plug-in Optimizer 2546LG	1,00
	CP01	Camara Talho	comfort DPA 042C-N	10,2
	CP02	Antecâmara Refrigerados	market plus SPB 041D	2,8
	CP03	Camara Ossos	junior DFBE 023D	1,2
	CP04	Preparação Talho	market plus SPA 061D	6,3
	CP05	Camara Aves	market plus SPAE 041D	2,8
	CP06	Camara Legumes	compact DFBE 072D	4,8
	CP07	Camara Lacticínios	comfort DPA 031C-L	3,4
	CP08	Antecâmara 1	compact DFA 061D	1,7
	CP09	Camara Queijos	compact DFBE 071D	2,5
	CP10	Camara Charcutaria	market plus SPA 011D	1,4
	CP11	Camara Indiferenciados	compact DFB 051D	1,4
	CP12	Antecâmara 2	junior DFA 022D	0,8
	CP13	Camara Bacalhau	market plus SPB 011D	1,4
	CP14	Camara Rejeitados	junior DFB 022D	0,8
	CP15	Preparação Peixaria	compact DFA 061D	1,7
	CP16	Camara Peixe	market plus SPBE 031D	2,1
	CP17	Antecâmara Refrigerados 2	compact DFA 062D	3,2
	CP18	Corredor I	compact DFA 062D	3,2
	CP19	Camara Padaria	market plus SPB 011D	1,4
	TOTAL de Kg de refrigerante R134 ^a em equipamentos LT			96,91

	Numeração	Designação	Equipamento	Refrigerante (Kg)
Negativos (R744)	MN01	Ilha Congelados Simples	Wisalo SG4-GS 250 C8 <i>E*cube</i>	0,63
		Ilha Congelados Simples	Wisalo SG4-GS 250 C8 <i>E*cube</i>	0,63
	MN02	Ilha Congelados topo	Irios SG4-GS.CE183 C8 <i>E*cube</i>	0,44
		Ilha Congelados Dupla	Irios SG4-GS.375 C8 <i>E*cube</i>	1,97
		Ilha Congelados Dupla	Irios SG4-GS.375 C8 <i>E*cube</i>	1,97
		Ilha Congelados topo	Irios SG4-GS.CE183 C8 <i>E*cube</i>	0,44
	MN03	Ilha Congelados topo	Irios SG4-GS.CE183 C8 <i>E*cube</i>	0,44
		Ilha Congelados Dupla	Irios SG4-GS.375 C8E <i>E*cube</i>	1,97
		Ilha Congelados Dupla	Irios SG4-GS.375 C8 <i>E*cube</i>	1,97
		Ilha Congelados topo	Irios SG4-GS.CE183 C8 <i>E*cube</i>	0,44
	CN01	Camara Congelados	Market Plus CO2 SPBE 021D	1,9
	CN02	Camara Cong Vários	Market Plus CO2 SPAE 022D	3,6
	CN03	Camara Cong Peixe	Compact CO2 DFAE 061D	1,7
	CN04	Camara Cong Padaria	Market Plus CO2 SPBE 011D	1,4
TOTAL de Kg de refrigerante R744 em equipamentos LT				19,5

	condenser I	condenser II	total sum
air cooler	0.00 kg	0.00 kg	0.00 kg
liquid collector	0.00 kg	0.00 kg	0.00 kg
condenser	88.42 kg	0.00 kg	88.42 kg
desuperheating	0.00 kg	0.00 kg	0.00 kg
disipaly cases	0.00 kg	0.00 kg	0.00 kg
heat recovery	0.00 kg	0.00 kg	0.00 kg
other consumers	0.00 kg	0.00 kg	0.00 kg
pipe network	68.04 kg	8.69 kg	76.72 kg
	156.46 kg	8.69 kg	165.14 kg

D – Condições de temperatura

Intervalos de temperatura:

Número de identificação	Intervalo de temperatura
3	+2° / +6°
4	±0° / +2°
5	-1° / +1°
8	-18° / -22°

Temperaturas por tipo de produto em móveis:

Gama de Produtos	Classificação numérica	Temperatura de conservação
Frutas e Verduras	3	+4° / +6°
Lácteos	3	+2° / +4°
Delicatessen	3	+2° / +4°
Sandes e baguetes preparadas	3	+4° / +6°
Carnes	4/5	±0° / +2°
Pré-cozinhados cárnicos	4	+2° / +4°
Peixe fresco	4/5	±0° / +2°
Conservas em sal	4	+2° / +4°
Marisco vivo	3	+5° / +7°
Ovos	3	+4° / +6°
Derivados de ovos	4	+2° / +4°
Congelados	8	-18° / -20°
Gelados	8	-22° / -24°

Temperaturas por tipo de produto em câmaras:

Temperaturas de consigna en câmaras frigoríficas de almacén

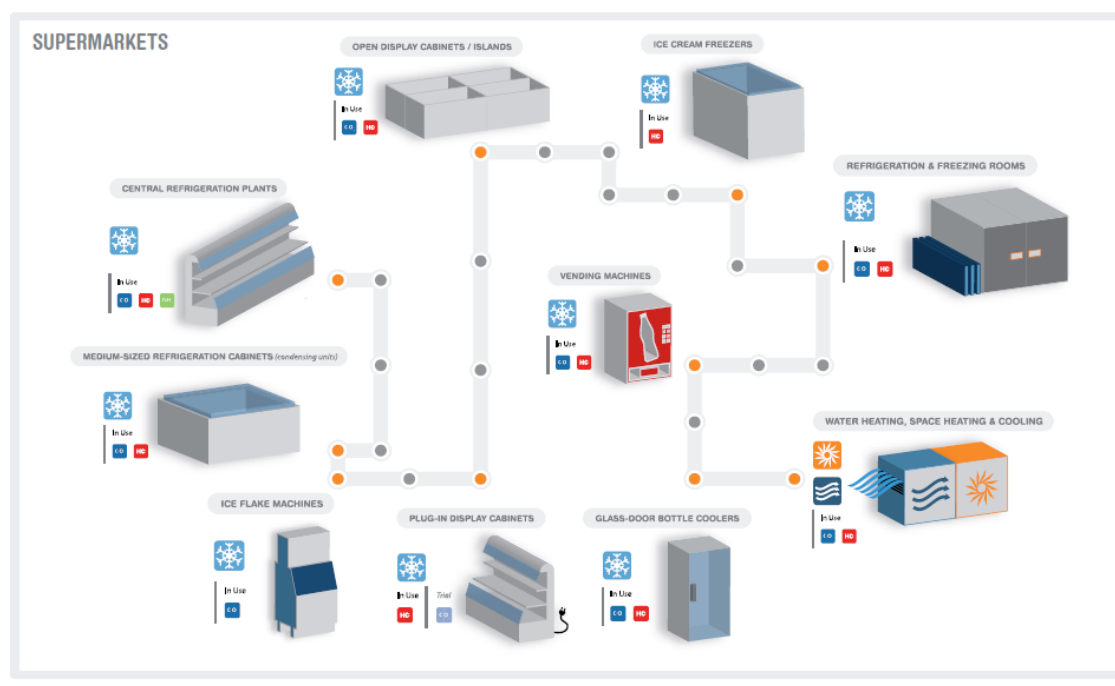
19-08-11

Área	Temperatura De Consigna	Histéresis (máxima)	Valores de alarma		
	Teórica	Rango de funcionamiento	Valor máximo (subida exceso)	Valor mínimo (bajada excesiva)	Retardo
	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[Min]
Cámara congelación placas eutécticas	-28	-29/-27	-	-	-
Congelados	-24	-25/-23	-18	-	60
Silo Congelados	-24	-25/-23	-18	-	60
Lácteos	+2	+1/+3	+6	±0	60
Precámara Expedición	+2	+1/+3	+6	±0	60
Precámara Recepción	+2	+1/+3	+6	±0	60
Carne	+1	+0.5/+1.5	+4	-1	30
Fruta y Verdura +4 (pequeña)	+4	+3/+5	+9	±0	60
Fruta y Verduras +14 (grande y precámara)	+14	+13/+15	+19	+6	60
Chocolate	+19	+18/+20	+24	+10	60

Humedad de consigna en cámara de Fruta y Verdura + 4

Cámara frigorífica	Humedad en el ambiente	Histéresis (máxima)	Valores de alarma		
	Teórico	Rango de Funcionamiento	Valor máximo (exceso)	Valor mínimo (defecto)	Retardo de tiempo
	[%]	[%]	[%]	[%]	[Min]
Fruta y Verdura +4 (pequeña)	90	88,5/91,5	---	80	60

E – Aplicações dos refrigerantes naturais em supermercados



NH₃ Ammonia |
 CO₂ Carbon Dioxide |
 HC Hydrocarbons |
 Refrigeration |
 Heating |
 Air Conditioning

• • • | COMMERCIALLY AVAILABLE	• • | PROTOTYPE/TESTING/ DEMONSTRATION PROJECT	• | EARLY STAGE DEVELOPMENT		
Application	Sub-Application	CO ₂	NH ₃	HC
INDUSTRIAL REFRIGERATION	Cold Storage (eg raw fruits and vegetables)	...	...
	Distribution Centre	...	...
	Frozen Food, Meat, Poultry and Fish, Dairy and Ice Cream, and Confectionery Processing Refrigeration Plants	...	...	...
	Beverage Production, Brewery, and Wine Refrigeration Plants	..	...
	Ice Making Plant & Ice Flake Machines	...	...
	Ice Rinks	...	...
	Bobsleigh, Skeleton, Luge Track, and Indoor Ski Centre		...	
	Pharmaceutical, Chemical, Petrochemical and Process Industries (blood and antibiotic storage, separation and condensations of gases)		...	...
	Construction (Setting of concrete, eg Hoover Dam construction)		...	
COMMERCIAL REFRIGERATION	Supermarket centralised refrigeration plants for cooling large and medium-sized cabinets	...	...	...
	Ice Flake Machines	...		

F – Diferença de Investimentos entre as duas versões

Elemento	Supermercado <i>Standard</i>			Supermercado <i>E*cube</i>			Diferença de Preços
	Tipo/Modelo	Quantidade	Preço	Tipo/Modelo	Quantidade	Preço	
Móveis positivos	<i>Standard</i>	24	137.888,58 €	<i>E*cube</i>	24	171.034,44 €	33.145,86 €
Móveis negativos	<i>Standard</i>	10	49.256,74 €	<i>E*cube</i>	10	67.948,48 €	18.691,74 €
Máquina de Gelo	FV 300 A	1	5.574,78 €	FV 300 A	1	5.574,78 €	0 €
Controladores Móveis MT	EKC 202D	8	527,83 €	AK-CC 550	8	2.058,35 €	1.530,52 €
Controladores Móveis LT	EKC 202D	5	326,42 €	AK-CC 550	1	257,29 €	1.776,75 €
				AK-CC 750	4	1.845,88 €	
Câmaras MT	Painéis	19	87.329,00 €	Painéis	19	87.329,00 €	0 €
Câmaras LT	Painéis	4	18.385,05 €	Painéis	4	18.385,05 €	0 €
Controladores câmaras MT	EKC 202D	19	1.240,40 €	AK-CC 550	19	4.888,58 €	3.648,18 €
Controladores câmaras LT	EKC 202D	4	261,14 €	AK-CC 550	4	1.029,18 €	768,04 €
Evaporadores positivos	R404A	19	12.874,90 €	R134A	19	16.483,06 €	3.608,16 €
Evaporadores negativos	R404A	4	1.755,20 €	R744	4	3.138,35 €	1.383,15 €
Planta multi-compressora positivos	VPP300-4050	1	29.173,20 €	VNP370- 6330 + VCM270- 3540	1	48.267,66 €	870,54 €
Planta multi-compressora negativos	SPM305-4010	1	19.965,01 €				
Condensador MT	AL91 8MDC 8PL	1	8.912,02 €	AL91 8MDC 12PH	1	6.582,94 €	-6.250,91 €
Condensador LT	SO60 4MDC 12PL	1	3.921,83 €				
Tubagens (m)	<i>Standard</i>	Ver Anexo B	4.715,32 €	R134 ^a	Ver Anexo B	3.978,23 €	-933,14 €
				R744	Ver Anexo B	1.670,24 €	
Refrigerante (kg)	R404A	237	1.443,44 €	R134 ^a	254	1.549,40 €	384,76 €
				R744	28	278,80 €	
Instalação frigorífica (válvulas, controladores)	<i>Standard</i>	1	32.876,82 €	<i>E*cube</i>	1	46.391,11 €	13.514,29 €
Quadro eléctrico + instalação eléctrica	<i>Standard</i>	1	23.535,24 €	<i>E*cube</i>	1	32.116,92 €	8.581,69 €
Mão-de-obra instalação	<i>Standard</i>	1	31.248,88 €	<i>E*cube</i>	1	45.019,10 €	13.770,22 €
TOTAL	Supermercado <i>Standard</i>		471.211,79 €	Supermercado <i>E*cube</i>		565.826,84 €	94.489,85 €

G - Consumos eléctricos equipamentosMóveis *Standard*:

	Posição	Modelo	Temperatura (°C)	Potência Eléctrica (kW)	Resistência de Descongelação (kW)	Iluminação (kW)	Ventiladores (kW)
Positivos	MP01	Thetis 250 90H A	0/+2	0,714	0,640	0,062	0,012
		Thetis 375 90H A	0/+2	1,131	1,020	0,093	0,018
		Thetis 375 90H A	0/+2	1,131	1,020	0,093	0,018
	MP02	Thetis 188 90H A	+2/+4	0,06	0,000	0,048	0,012
		Thetis 375 90H A	+2/+4	0,111	0,000	0,093	0,018
		Thetis 375 90H A	+2/+4	0,111	0,000	0,093	0,018
	MP03	Thetis 250 S 90H A	0/+2	0,714	0,640	0,062	0,012
	MP04	Monaxis 63.188 C3D	+2/+4	1,004	0,000	0,244	0,760
		Monaxis 63.250 C3D	+2/+4	1,114	0,000	0,354	0,760
		Monaxis 63.375 C3D	+2/+4	1,291	0,000	0,531	0,760
		Monaxis 73.CE188 C3D	+2/+4	1,020	0,000	0,260	0,760
	MP05	Monaxis 80-NC.188 C5	+6/+8	0,270	0,000	0,156	0,114
		Monaxis 80-NC.250 C5	+6/+8	0,384	0,000	0,232	0,152
		Monaxis 80-NC.375 C5	+6/+8	0,576	0,000	0,348	0,228
		Monaxis 80-NC.CE188 C5	+6/+8	0,270	0,000	0,156	0,114
	MP06	Monaxis 63.188 C4D	0/+2	0,958	0,600	0,244	0,114
		Monaxis 63.375 C4D	0/+2	1,959	1,200	0,531	0,228
		Monaxis 63.375 C4D	0/+2	1,959	1,200	0,531	0,228
	MP07	Monaxis 73.CE188 C4D	0/+2	1,024	0,650	0,260	0,114
		Monaxis 63.375 C4D	0/+2	1,959	1,200	0,531	0,228
		Monaxis 63.375 C4D	0/+2	1,959	1,200	0,531	0,228
		Monaxis 73.CE188 C4D	0/+2	1,024	0,650	0,260	0,114
	MP08	Monaxis 63.375 C4D	0/+2	1,959	1,200	0,531	0,228
	MPA	Plug-in Optimer 2546L	0/+2	0,950	0,950	2,042	0,000
	Móveis Positivos			23,650	12,170	6,240	5,240
Negativos	MN01	Wisalo SG4 250 C8	-22/-24	2,320	2,200	0,08	0,040
		Wisalo SG4 250 C8	-22/-24	2,320	2,200	0,08	0,040
	MN02	Irios SG4.CE183 C8	-22/-24	1,659	1,500	0,119	0,040
		Irios SG4.375 C8	-22/-24	6,348	6,000	0,268	0,080
		Irios SG4.375 C8	-22/-24	6,348	6,000	0,268	0,080
		Irios SG4.CE183 C8	-22/-24	1,659	1,500	0,119	0,040
	MN03	Irios SG4.CE183 C8	-22/-24	1,659	1,500	0,119	0,040
		Irios SG4.375 C8	-22/-24	6,348	6,000	0,268	0,080
		Irios SG4.375 C8	-22/-24	6,348	6,000	0,268	0,080
		Irios SG4.CE183 C8	-22/-24	1,659	1,500	0,119	0,040
	Móveis Negativos			36,668	34,400	1,708	0,560
	TOTAL Positivos + Negativos			60,320	46,570	7,952	5,798

Câmaras Standard

	Posição	Evaporador	Temperatura (°C)	Potência Eléctrica (kW)	Resistência de Descongelação (kW)	Iluminação (kW)	Ventiladores (kW)
Positivos	CP01	Comfort DPA 033C-L	+2/+4	5,852	0,000	1,172	4,680
	CP02	Comfort DPB 031C-L	+10/+12	6,120	0,000	1,440	4,680
	CP03	Comfort DPBE 031C-S	+0/+2	7,158	2,300	0,178	4,680
	CP04	Comfort DPA 033C-S	+10/+12	9,032	0,000	4,352	4,680
	CP05	Comfort DPBE 031C-N	+0/+2	7,100	2,300	0,360	4,440
	CP06	Comfort DPBE 042C-S	+0/+2	9,348	4,140	0,528	4,680
	CP07	Compact DFB 052C	+2/+4	2,450	0,000	0,410	2,040
	CP08	Comfort DFA 071C	+2/+4	2,330	0,000	0,314	2,016
	CP09	Comfort DPBE 031C-L	+0/+2	7,256	2,300	0,276	4,680
	CP10	Comfort DFA 033C	+2/+4	0,941	0,000	0,245	0,696
	CP11	Comfort DFA 033C	+2/+4	0,930	0,000	0,234	0,696
	CP12	Junior DFA 032C	+2/+4	0,844	0,000	0,148	0,696
	CP13	Compact DFA 051C	+2/+4	2,226	0,000	0,186	2,040
	CP14	junior DFB 032C	+2/+4	0,832	0,000	0,136	0,696
	CP15	Compact DFA 071C	+2/+4	2,344	0,000	0,328	2,016
	CP16	Compact DFAE 071C	+0/+2	3,414	1,150	0,248	2,016
	CP17	Comfort DPA 032C-S	+10/+12	7,548	0,000	2,868	4,680
	CP18	Market Plus SPB 023D	+10/+12	4,920	0,000	2,880	2,040
	CP19	Junior DFA 022C	+2/+4	0,798	0,000	0,102	0,696
	Câmara Positivos			81,443	12,190	16,405	52,848
Negativos	CN01	Compact DFBE 051C	-22/-24	3,270	1,070	0,160	2,040
	CN02	Compact DFBE 062C	-22/-24	4,482	2,070	0,396	2,016
	CN03	Compact DFBE 071C	-22/-24	3,410	1,150	0,244	2,016
	CN04	Junior DFBE 022C	-22/-24	1,507	0,730	0,081	0,696
	Câmara Negativos			12,669	5,020	0,881	6,768
TOTAL Positivos + Negativos				94,112	17,210	17,286	59.616

Móveis *E*cube*:

	Posição	Modelo	Temperatura (°C)	Potência Eléctrica (kW)	Resistência de Descongelação (kW)	Iluminação (kW)	Ventiladores (kW)	
Positivos	MP01	Thetis 250 90H A <i>E*cube</i>	0/+2	0,714	0,640	0,062	0,012	
		Thetis 375 90H A <i>E*cube</i>	0/+2	1,131	1,020	0,093	0,018	
		Thetis 375 90H A <i>E*cube</i>	0/+2	1,131	1,020	0,093	0,018	
	MP02	Thetis 188 90H A <i>E*cube</i>	+2/+4	0,060	0,000	0,048	0,012	
		Thetis 375 90H A <i>E*cube</i>	+2/+4	0,111	0,000	0,093	0,018	
		Thetis 375 90H A <i>E*cube</i>	+2/+4	0,111	0,000	0,093	0,018	
	MP03	Thetis 250 S 90H A <i>E*cube</i>	0/+2	0,714	0,640	0,062	0,012	
	MP04	Monaxis 63-GD.188 C6 <i>E*cube</i>	+2/+4	0,081	0,000	0,039	0,042	
		Monaxis 63-GD.250 C6 <i>E*cube</i>	+2/+4	0,118	0,000	0,062	0,056	
		Monaxis 63-GD.375 C6 <i>E*cube</i>	+2/+4	0,177	0,000	0,093	0,084	
		Monaxis 73-GD.CE188 C6 <i>E*cube</i>	+2/+4	0,111	0,000	0,069	0,042	
	MP05	Monaxis 80-NC.188 C5 <i>E*cube</i>	+6/+8	0,746	0,650	0,054	0,042	
		Monaxis 80-NC.250 C5 <i>E*cube</i>	+6/+8	0,114	0,000	0,072	0,042	
		Monaxis 80-NC.375 C5 <i>E*cube</i>	+6/+8	0,164	0,000	0,108	0,056	
		Monaxis 80-NC.CE188 C5 <i>E*cube</i>	+6/+8	0,138	0,000	0,054	0,084	
	MP06	Monaxis 63-GD.188 C6 <i>E*cube</i>	+2/+4	0,081	0,000	0,039	0,042	
		Monaxis 63-GD.375 C6 <i>E*cube</i>	+2/+4	0,177	0,000	0,093	0,084	
		Monaxis 63-GD.375 C6 <i>E*cube</i>	+2/+4	0,177	0,000	0,093	0,084	
	MP07	Monaxis 73-GD.CE188 C6 <i>E*cube</i>	+2/+4	0,111	0,000	0,069	0,042	
		Monaxis 63-GD.375 C6 <i>E*cube</i>	+2/+4	0,177	0,000	0,093	0,084	
		Monaxis 63-GD.375 C6 <i>E*cube</i>	+2/+4	0,177	0,000	0,093	0,084	
		Monaxis 73-GD.CE188 C6 <i>E*cube</i>	+2/+4	0,111	0,000	0,069	0,042	
	MP08	Monaxis 63-GD.375 C6 <i>E*cube</i>	0/+2	1,377	1,200	0,093	0,084	
	MPA	Plug-in Optimer 2546LG	0/+2	0,950	0,950	0,838	0,000	
	Móveis Positivos				8,959	6,120	1,737	1,102
Negativos	MN01	Wisalo SG4-GS 250 C8 <i>E*cube</i>	-18/-20	2,284	2,200	0,064	0,020	
		Wisalo SG4-GS 250 C8 <i>E*cube</i>	-18/-20	2,284	2,200	0,064	0,020	
	MN02	Irios SG4-GS.CE183 C8 <i>E*cube</i>	-18/-20	1,615	1,500	0,095	0,020	
		Irios SG4-GS.375 C8 <i>E*cube</i>	-18/-20	6,254	6,000	0,214	0,040	
		Irios SG4-GS.375 C8 <i>E*cube</i>	-18/-20	6,254	6,000	0,214	0,040	
		Irios SG4-GS.CE183 C8 <i>E*cube</i>	-18/-20	1,615	1,500	0,095	0,020	
	MN03	Irios SG4-GS.CE183 C8 <i>E*cube</i>	-22/-24	1,615	1,500	0,095	0,020	
		Irios SG4-GS.375 C8E *ecube	-22/-24	6,254	6,000	0,214	0,040	
		Irios SG4-GS.375 C8 <i>E*cube</i>	-22/-24	6,254	6,000	0,214	0,040	
		Irios SG4-GS.CE183 C8 <i>E*cube</i>	-22/-24	1,615	1,500	0,095	0,020	
	Móveis Negativos				36,046	34,400	1,366	0,280
	TOTAL Positivos + Negativos				45,005	40,520	3,103	1,382

Câmaras E^*cube

	Posição	Evaporador	Temperatura (°C)	Potência Eléctrica (kW)	Resistência de Descongelação (kW)	Iluminação (kW)	Ventiladores (kW)
Positivos	CP01	Compact CO ₂ DFA 073D	+2/+4	4,895	0,000	1,055	3,840
	CP02	Compact CO ₂ DFA 071D	+10/+12	3,216	0,000	1,296	1,920
	CP03	Market Plus CO ₂ SPBE 021D	+0/+2	1,886	1,030	0,160	0,696
	CP04	Compact CO ₂ 063D	+10/+12	8,429	0,000	3,917	4,512
	CP05	Compact CO ₂ DFBE 052D	+0/+2	4,404	1,920	0,324	2,160
	CP06	Compact CO ₂ DFAE 062D	+0/+2	4,297	2,070	0,475	1,752
	CP07	Market Plus CO ₂ SPA 031D	+2/+4	3,009	0,000	0,369	2,640
	CP08	Market Plus CO ₂ SPB 041D	+2/+4	2,035	0,000	0,283	1,752
	CP09	Market Plus CO ₂ SPAE 031D	+0/+2	3,150	1,150	0,248	1,752
	CP10	Market Plus CO ₂ SPA 021D	+2/+4	2,380	0,000	0,220	2,160
	CP11	Market Plus CO ₂ SPA 021D	+2/+4	1,963	0,000	0,211	1,752
	CP12	Market Plus CO ₂ SPB 011D	+2/+4	0,829	0,000	0,133	0,696
	CP13	Market Plus CO ₂ SPB 021D	+2/+4	2,327	0,000	0,167	2,160
	CP14	Market Plus CO ₂ SPB 011D	+2/+4	0,818	0,000	0,122	0,696
	CP15	Confort CO ₂ DPA 031C-S	+2/+4	2,047	0,000	0,295	1,752
	CP16	Compact CO ₂ DFAE 061D	+0/+2	4,063	1,920	0,223	1,920
	CP17	Comfort CO ₂ DPA 041C-N	+10/+12	4,333	0,000	2,581	1,752
	CP18	Comfort CO ₂ DPA 041C-N	+10/+12	4,344	0,000	2,592	1,752
	CP19	Market Plus CO ₂ SPB 011D	+2/+4	2,156	0,000	0,092	2,064
	Câmaras Positivos				60,583	8,090	14,765	37,728
Negativos	CN01	Market Plus CO2 SPBE 021D	-22/-24	3,834	1,650	0,144	2,040
	CN02	Market Plus CO2 SPAE 022D	-22/-24	5,186	2,790	0,356	2,040
	CN03	Compact CO2 DFAE 061D	-22/-24	3,122	1,150	0,220	1,752
	CN04	Market Plus CO2 SPBE 011D	-22/-24	3,763	1,650	0,073	2,040
	Câmaras Negativos				15,905	7,240	0,793	7,872
TOTAL Positivos + Negativos				76,488	15,330	15,558	45,600

H – Número de supermercados e hipermercados em Portugal

Escalão de pessoal ao serviço	Actividade económica (CAE Rev. 3)	Empresas (N.º) por Actividade económica (CAE Rev. 3) e Escalão de pessoal ao serviço; Anual		
		Período de referência dos dados		
		2009	2008	2007
		Localização geográfica		
		Portugal		
		PT		
		N.º	N.º	N.º
Total	Total	1060906	1096255	1100031
	Comércio a retalho em supermercados e hipermercados	1815	1857	1877

I – Folhas de cálculo de projecto

Supermercado *Standard* - Temperaturas positivas:

Cliente: Universidade de Aveiro Projecto: ITM STANDARD Dirección: Oferta nº:										Responsable Proyecto: José Oliveira Refrigerante: R-404 Rango de temperatura: Media/Alta Temperatura Desescarche: Ar/Eléctrico									
Pos:	Display Case Type	Modulation				Display Shelves		Temp.	Qo	evap. Temp.	Factor	Factor	Refr.	simult.	Qorel.=	Qo(rated)=			
		Korpus 1	Korpus 2	Korpus 3	Korpus 4	Number	with Lightning	[°C]	+25°C/60% [kW]	[°C]	only lightning	layout	charge [kg]	factor manual	Qo x f1 in kW	Qo x to/lo min in kW			
MP01	Thetis 250 90H A	250	375	375				0/+2	3,14	-9,0	1,00	1,00			3,14	3,14			
MP02	Thetis 188 90H A	188	375	375				+2/+4	2,70	-7,5	1,00	1,00			2,70	2,25			
MP03	Thetis 250 S 90H A	250						0/+2	0,78	-9,0	1,00	1,00			0,78	0,78			
MP04	Monaxis 63.188 C3D	188	250	375	188	5	5	+2/+4	10,38	-5,0	1,16	1,00		0,67	12,03	8,02			
MP05	Monaxis 80-NC.188 C5	188	250	375	188	3	3	+4/+6	15,97	-5,0	1,09	1,00		0,67	17,45	11,63			
MP06	Monaxis 63.188 C4D	188	375	375		5	5	0/+2	11,96	-9,0	1,16	1,00			13,86	13,86			
MP07	Monaxis 73.CE188 C4D	188	375	375	188	5	5	0/+2	14,78	-9,0	1,16	1,00			17,13	17,13			
MP08	Monaxis 63.375 C4D	375				5	5	0/+2	4,78	-9,0	1,16	1,00			5,54	5,54			
								Total móveis	64,49						72,64	62,37			
Pos:	Aircooler Type	room dimension				product		Temp.	Qo	evap. Temp.			Refr.	simult.	Qorel.=	Qo(rated)=			
		Qty.	w	l	h	m²		[°C]	[kW]	[°C]			charge [kg]	factor manual	Qo x f1 x t2 in kW	Qo x to/lo min in kW			
CP01	Camara Talho	1	29,30	3,20	93,76	FRESCOS	+2/+4	8,55	-9,0						8,77	8,77			
CP02	Antecâmara Refrigerados	1	12,00	3,20	38,40	FRESCOS	+10/+12	3,42	-9,0						3,66	3,66			
CP03	Camara Ossos	1	4,45	3,00	13,35	FRESCOS	+0/+2	1,76	-9,0						1,80	1,80			
CP04	Preparação Talho	1	36,27	3,00	108,81	FRESCOS	+10/+12	9,07	-9,0						9,29	9,29			
CP05	Camara Aves	1	9,00	3,00	27,00	FRESCOS	+0/+2	3,06	-9,0						3,07	3,07			
CP06	Camara Legumes	1	13,20	3,00	39,60	FRESCOS	+0/+2	4,36	-9,0						4,36	4,36			
CP07	Camara Lactínios	1	10,25	3,00	30,75	FRESCOS	+2/+4	3,33	-9,0						3,35	3,35			
CP08	Antecâmara 1	1	7,85	3,00	23,55	FRESCOS	+2/+4	2,70	-9,0						2,84	2,84			
CP09	Camara Queijos	1	6,90	3,00	20,70	FRESCOS	+0/+2	2,46	-9,0						2,47	2,47			
CP10	Camara Charcutaria	1	6,12	3,00	18,36	FRESCOS	+2/+4	2,15	-9,0						2,27	2,27			
CP11	Camara Indiferenciados	1	5,85	3,00	17,55	FRESCOS	+2/+4	2,06	-9,0						2,27	2,27			
CP12	Antecâmara 2	1	3,70	3,00	11,10	FRESCOS	+2/+4	1,44	-9,0						1,47	1,47			
CP13	Camara Bacalhau	1	4,65	3,00	13,95	FRESCOS	+2/+4	1,72	-9,0						1,85	1,85			
CP14	Camara Rejeitados	1	3,40	3,00	10,20	FRESCOS	+2/+4	1,36	-9,0						1,36	1,36			
CP15	Preparação Peixaria	1	8,20	3,00	24,60	FRESCOS	+2/+4	2,80	-9,0						2,84	2,84			
CP16	Camara Peixe	1	6,20	3,00	18,60	FRESCOS	+0/+2	2,28	-9,0						2,62	2,62			
CP17	Antecâmara Refrigerados 2	1	23,90	3,00	71,70	FRESCOS	+10/+12	5,83	-9,0						6,31	6,31			
CP18	Corredor I	1	24,00	3,00	72,00	FRESCOS	+10/+12	6,59	-9,0						6,80	6,80			
CP19	Camara Padaria	1	2,55	3,00	7,65	FRESCOS	+2/+4	1,09	-9,0						1,09	1,09			
								Total câmaras	66,03						68,49	68,49			
	Número de câmaras	19						TOTAL	130,52						141,13	130,86			
evaporating temp. [°C] selected to min = -9,0 → to v = -11																			
condensing temp. [°C] tc = 45 °C																			
compressor tipo:		3 x 6H-25.2Y-40P				necesidades frigoríficas		Qov = 141,13		1,00		(Qov/Qorated)							
						capacidad central		Qo = 161,70 kW ▶ SMT-I		1,15		(Qov/Qorel.)							
						potencia absorbida		Pab = 78,30 kW											
condensador tipo:		AL91 4MDD 6PH				potencia de condensación		Qc = 239,70 kW		0,95 < x < 1,05									
								max. amb. temp. 39° C											

Temperaturas Negativas:

Cliente: Universidade de Aveiro	Responsable Proyecto: José Oliveira									
Projecto: ITM STANDARD	Refrigerante: R-404									
Dirección:	Rango de temperatura: BAIXA TEMPERATURA									
Oferta nº:	Desescarche: ELECTRICOS									

Pos:	Display Case Type	Modulation				Display Shelves		Temp.	Qo	evap. Temp.	Factor	Factor	Refr.	simult.	Qorel.=	Qo(rated)=
		Korpus 1	Korpus 2	Korpus 3	Korpus 4	Number	with Lightning	[°C]	+25°C/60% [kW]	[°C]	only lightning	layout	charge [kg]	factor manual	Qo x f1 x f2 in kW	Qo x to/lo min in kW
MN01	Wisalo SG4 250 C8	250	250			1	1	-22/-24	2,02	-37	1,05	1,00			2,12	2,12
MN02	Ilios SG4.CE183 C8	183	375	375	183	1	1	-22/-24	7,24	-37	1,05	1,00			7,60	7,60
MN03	Ilios SG4.CE183 C8	183	375	375	183	1	1	-22/-24	7,24	-37	1,05	1,00			7,60	7,60
MG01											1,00	1,00				
							Total móveis		16,50						17,33	17,33

Pos:	Aircooler Type	room dimension				product	Temp.	Qo	evap. Temp.			Refr.	simult.	Qorel.=	Qo(rated)=
		Qty.	w	l	h	m²		[°C]	[kW]	[°C]		charge [kg]	factor manual	Qo x f1 x f2 in kW	Qo x to/lo min in kW
CN01	Camara Congelados	1	4,00		3,00	12,00	Congelados	-22/-24	1,02	-37	1,00	1,00		1,03	1,03
CN02	Camara Cong Varios	1	9,90		3,00	29,70	Congelados	-22/-24	2,26	-37	1,00	1,00		2,44	2,44
CN03	Camara Cong Peixe	1	6,10		3,00	18,30	Congelados	-22/-24	1,46	-37	1,00	1,00		1,47	1,47
CN04	Camara Cong Padaria	1	2,04		3,00	6,12	Congelados	-22/-24	0,57	-37	1,00	1,00		0,64	0,64
							Total câmaras		5,31					5,58	5,58
	Total câmaras	4					TOTAL		21,81					22,91	22,91

evaporating temp. [°C] selected to min = -37,0 → to v gew.= -39

condensing temp. [°C] tc = 45,0

compressor tipo:	3x 4H-15.2Y-40P	necesidades frigorificas	subc.= 22,91 kW	Qov = 24,54 KW▶ SMT-F = 1,00	(Qov/Qorated)
		capacidad central	Qo = 24,54 KW▶ SMT-F = 1,07	Pab = 20,64 kW	(Qov/Qorel.)
condensador tipo:	SO50 3MSB 6PH (54,2 kW)	potencia absorbida	Qc = 45,18 kW		
		potencia de condensación			
				max. amb. temp. 39° C	

Supermercado *E*cube*

Temperaturas positivas:

Cliente: Universidade de Aveiro

Projecto: ITM E*cube

Dirección:

Oferta nº:

Responsable Proyecto: José Oliveira

Refrigerante: R-744

Rango de temperatura: Media/Alta Temperatura

Desescarche: Ar/Eléctrico

Pos:	Display Case Type	Modulation				Display Shelves		Temp. [°C]	Qo +25°C/60% [kW]	evap. Temp. [°C]	Factor only lightning	Factor layout	Refr. charge [kg]	simult. factor manual	Qorel.= Qo x f1 x f2 in kW	Qo(rate d) = Qo x to/to min in kW
		Korpus 1	Korpus 2	Korpus 3	Korpus 4	Number	with Lightning									
MP01	Thetis 90H A e*cube	250	375	375				0/+2	3,14	-9,0	1,00	1,00			3,14	3,14
MP02	Thetis 90H A e*cube	188	375	375				+2/+4	2,70	-7,5	1,00	1,00			2,70	2,25
MP03	Thetis 90H A e*cube	250						0/+2	0,78	-9,0	1,00	1,00			0,78	0,78
MP04	Monaxis 63-GD.C6 e*cube	188	250	375	188	5	5	+2/+4	7,48	-5,0	1,16	1,00		0,67	8,67	5,78
MP05	Monaxis 80-NC.C5 e*cube	188	250	375	188	3	3	+6/+8	14,58	-5,0	1,09	1,00		0,67	15,93	10,62
MP06	Monaxis 63-GD.C6 e*cube	188	375	375		5	5	+2/+4	6,90	-5,0	1,16	1,00		0,67	8,00	5,33
MP07	Monaxis 73-GD.C6 e*cube	188	375	375	188	5	5	+2/+4	8,52	-5,0	1,16	1,00		0,67	9,88	6,58
MP08	Monaxis 63-GD.C6 e*cube	375				5	5	0/+2	3,36	-7,0	1,16	1,00			3,90	3,03
Total móveis									47,46						52,99	37,92
Pos:	Aircooler Type	room dimension				product	Temp. [°C]	Qo [kW]	evap. Temp. [°C]				Refr. charge [kg]	simult. factor manual	Qorel.= Qo x f1 x f2 in kW	Qo(rate d) = Qo x to/to min in kW
		Qty.	w	l	h											
CP01	Camara Talho	1	29,30	3,20	93,76	FRESCOS	+2/+4	8,45	-9,0						8,67	8,67
CP02	Antecâmara Refrigerados	1	12,00	3,20	38,40	FRESCOS	+10/+12	3,26	-9,0						3,39	3,39
CP03	Camara Ossos	1	4,45	3,00	13,35	FRESCOS	+0/+2	1,36	-9,0						1,38	1,38
CP04	Preparação Talho	1	36,27	3,00	108,81	FRESCOS	+10/+12	9,25	-9,0						9,41	9,41
CP05	Camara Aves	1	9,00	3,00	27,00	FRESCOS	+0/+2	2,75	-9,0						2,80	2,80
CP06	Camara Legumes	1	13,20	3,00	39,60	FRESCOS	+0/+2	4,03	-9,0						4,09	4,09
CP07	Camara Lactínios	1	10,25	3,00	30,75	FRESCOS	+2/+4	2,77	-9,0						2,77	2,77
CP08	Antecâmara 1	1	7,85	3,00	23,55	FRESCOS	+2/+4	2,12	-9,0						2,24	2,24
CP09	Camara Queijos	1	6,90	3,00	20,70	FRESCOS	+0/+2	2,11	-9,0						2,11	2,11
CP10	Camara Charcutaria	1	6,12	3,00	18,36	FRESCOS	+2/+4	1,65	-9,0						1,67	1,67
CP11	Camara Indiferenciados	1	5,85	3,00	17,55	FRESCOS	+2/+4	1,58	-9,0						1,59	1,59
CP12	Antecâmara 2	1	3,70	3,00	11,10	FRESCOS	+2/+4	1,00	-9,0						1,16	1,16
CP13	Camara Bacalhau	1	4,65	3,00	13,95	FRESCOS	+2/+4	1,26	-9,0						1,29	1,29
CP14	Camara Rejeitados	1	3,40	3,00	10,20	FRESCOS	+2/+4	0,92	-9,0						0,99	0,99
CP15	Preparação Peixaria	1	8,20	3,00	24,60	FRESCOS	+2/+4	2,22	-9,0						2,24	2,24
CP16	Camara Peixe	1	6,20	3,00	18,60	FRESCOS	+0/+2	1,89	-9,0						1,89	1,89
CP17	Antecâmara Refrigerados 2	1	23,90	3,00	71,70	FRESCOS	+10/+12	6,09	-9,0						6,13	6,13
CP18	Corredor I	1	24,00	3,00	72,00	FRESCOS	+10/+12	6,12	-9,0						6,13	6,13
CP19	Camara Padaria	1	2,55	3,00	7,65	FRESCOS	+2/+4	0,69	-9,0						1,29	1,29
Total câmaras									59,52						61,24	61,24
Nº de Câmaras									19						114,23	98,76

evaporating temp. [°C]

condensing temp. [°C]

selected to min = -9,0

tc = 45 °C

to v = -11

compressor tipo: 3 x 6FE-40Y-40P

condensador tipo: Mesmo condensador para as 2 instalações - AL91 8MDC12PH

subc.= 133,25 kW

Qov = 132,90 KW► SMT-F = 1,17 (Qov/Qorated)

Qo = 53,94 kW

Pab = 186,90 kW

Qc = 186,90 kW

max. amb. temp. 39° C

0,95 < x < 1,05

1,16 (Qov/Qorel.)

necesidades frigorificas

capacidad central

potencia absorbida

potencia de condensación

Temperaturas negativas:

Cliente: Universidade de Aveiro

Projecto: ITM E*cube

Dirección:

Oferta nº:

Responsable Proyecto: José Oliveira

Refrigerante: R-744

Rango de temperatura: BAIXA TEMPERATURA

Desescarche: ELECTRICOS

Pos:	Display Case Type	Modulation				Display Shelves		Temp. [°C]	Qo +25°C/60% [kW]	evap. Temp. [°C]	Factor only lightning	Factor layout	Refr. charge [kg]	simult. factor manual	Qorel.= Qo x f1 x f2 in kW	Qo(rate d) = Qo x to/to min in kW
		Korpus 1	Korpus 2	Korpus 3	Korpus 4	Number	with Lightning									
MN01	Wisalo SG4-GS 250 C8 e*cube	250	250			1	1	-18/-20	1,06	-27,0	1,00	1,00			1,06	0,89
MN02	Irios SG4-GS.CE183 C8 e*cube	183	375	375	183	1	1	-18/-20	3,7	-27,0	1,05	1,00			3,89	3,28
MN03	Irios SG4-GS.CE183 C8 e*cube	183	375	375	183	1	1	-22/-24	4,18	-32,0	1,05	1,00			4,39	4,39
MG01						1	1				1,05	1,00				
Total móveis									8,94			1,00			9,33	8,56
Pos:	Aircooler Type	room dimension				product	Temp. [°C]	Qo [kW]	evap. Temp. [°C]				Refr. charge [kg]	simult. factor manual	Qorel.= Qo x f1 x f2 in kW	Qo(rate d) = Qo x to/to min in kW
		Qty.	w	l	h											
CN01	Camara Congelados	1	4,00	3,00	12,00	Congelados	-22/-24	0,92	-32	1,00	1,00				0,99	0,99
CN02	Camara Cong Varios	1	9,90	3,00	29,70	Congelados	-22/-24	2,29	-32	1,00	1,00				2,38	2,38
CN03	Camara Cong Peixe	1	6,10	3,00	18,30	Congelados	-22/-24	1,41	-32	1,00	1,00				1,49	1,49
CN04	Camara Cong Padaria	1	2,04	3,00	6,12	Congelados	-22/-24	0,47	-32	1,00	1,00				0,84	0,84
Total câmaras									5,09						5,70	5,70
TOTAL									14,03						15,03	14,26
Nº de Câmaras									4							

evaporating temp. [°C]

condensing temp. [°C]

selected to min = -32,0

tc = 45,0

to v gew. = -34

compressor tipo: 2 x 2HSL-3K-40S

condensador tipo: Mesmo condensador para as 2 instalações - AL91 8MDC12PH

subc.= 15,03 kW

Qov = 15,20 KW► SMT-F = 1,00 (Qov/Qorated)

Qo = 3,82 kW

Pab = 19,02 kW

Qc = 19,02 kW

max. amb. temp. 39° C

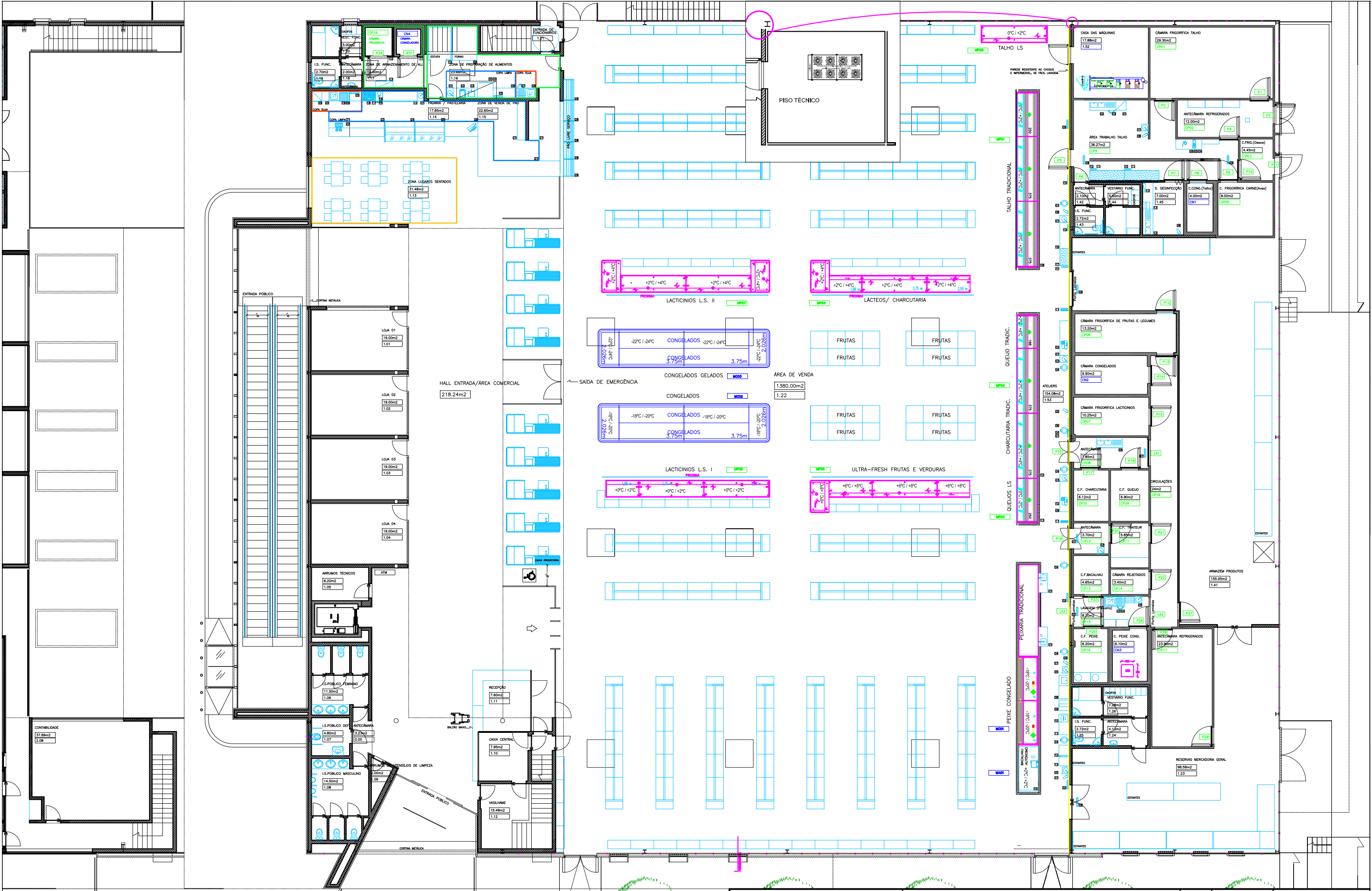
1,01 (Qov/Qorel.)

necesidades frigorificas

capacidad central

potencia absorbida

potencia de condensación



PLANTA PISO 2