

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**



**FEUP**

**Eficiência Energética em Lojas de Retalho Alimentar: Os Desafios e Possíveis Soluções Em Portugal**

José Miguel Barros Ribeiro da Silva

Dissertação realizada no âmbito do  
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
Major Energia

Orientador: Prof. Dr. Hélder Filipe Duarte Leite

Setembro de 2012

© José Miguel Barros Ribeiro da Silva, 2012

# Resumo

O setor dos serviços é um dos principais consumidores de energia elétrica em Portugal. Dentro do setor, as lojas de retalho assumem um papel importante, sendo o seu consumo essencialmente de energia elétrica. Neste trabalho são analisadas as duas tipologias de lojas de retalho, reconhecidas no Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior, sendo elas os hipermercados e os supermercados.

A presente dissertação pretende fazer uma análise da eficiência energética de uma loja de retalho em Portugal, ao abrigo do Sistema de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior, e analisar quais as limitações da legislação atual, para além de determinar quais as principais barreiras associadas à implementação de eficiência energética neste setor. Assim, este trabalho encontra-se estruturado na seguinte forma:

- Análise do processo de certificação energética nas lojas de retalho.
- Apresentação da caracterização de um edifício através do software *Design Builder*.
- Caracterização de um supermercado tipo e determinação da respetiva classe de eficiência energética, mediante simulação do edifício.
- Análise das limitações associadas ao processo de certificação e determinação das principais barreiras para a implementação de medidas de eficiência energética nas lojas de retalho.



# Abstract

*The services sector is one of the major consumers of electricity in Portugal. Within the sector, retail stores play an important role since their main source of power is electricity. In this work we analyze two types of retail stores that are recognized by the National System of Energy Certification and Indoor Air Quality – Supermarkets and Hypermarkets.*

*This thesis aims to analyze the energy efficiency of retail stores in Portugal and to determine the limitations of current legislation, and also to determine which are the main barriers associated with the implementation of energy efficiency in this sector. This work is structured in the following way:*

- *Analysis of the energy certification process in retail stores.*
- *Characterization of a building, using the Design Builder software.*
- *Characterization of a supermarket and determination of its energy efficiency class through simulation.*
- *Analysis of the limitations associated with the certification process and determination of the main barriers regarding implementation of energy efficiency measures in retail stores.*



# Agradecimentos

Gostaria de agradecer, em primeiro lugar, ao Prof. Dr. Hélder Leite, pela paciência e pela confiança depositada em mim ao longo destes anos e a disponibilidade que sempre demonstrou ao longo desta viagem.

Ao Eng<sup>o</sup> Nelson Pedro e o Eng<sup>o</sup> João Carlos Fonseca, pela partilha de conhecimento ao longo destes três anos de certificação energética. Aos meus colegas de trabalho, em particular ao Zé e ao André que iniciaram esta viagem comigo, apesar de termos seguidos caminhos diferentes.

Aos meus amigos, que me acompanharam ao longo destes anos de estudo, numa amizade que não se limitou à faculdade.

Ao meu pai, por me ter dado a possibilidade de estar hoje onde estou.

Finalmente, e principalmente, o meu muito obrigado à Rita, por todo o apoio e por toda a motivação que me deu, quando eu já não achava que era possível e por ter acreditado em mim quando eu já não o fazia.





*“The world must learn to work together, or finally it will not work at all.”*

Dwight D. Eisenhower



# Índice

Resumo .....	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos .....	vii
Índice.....	xi
Lista de figuras .....	xiii
Lista de tabelas .....	xv
Abreviaturas e Símbolos .....	xvii
Capítulo 1 .....	1
Introdução.....	1
1.1. Alterações Climáticas .....	1
1.2. Consumo Energético em Portugal .....	5
1.3. O Setor das Lojas de Retalho Alimentar .....	8
1.4. Certificação Energética .....	10
1.4.1. O Certificado Energético .....	11
1.5. Motivação e Objectivos da Dissertação .....	12
1.6. Estrutura da Dissertação.....	13
Capítulo 2 .....	15
Certificação Energética e as Lojas de Retalho .....	15
2.1. Legislação .....	15
2.1.1. Classificação Energética .....	16
2.2. Plano de Racionalização Energética .....	22
2.2.1. Conteúdo de um Plano de Racionalização Energética.....	24
2.2.2. Exemplos de medidas de racionalização energética .....	26
2.3. Caracterização das Lojas de Retalho .....	26
2.3.1. Tipologias de Lojas de Retalho Alimentar .....	26
2.3.1.1. Outras Tipologias .....	29
2.3.2. Desagregação dos Principais Consumos Energéticos .....	30
2.3.3. Perfis Nominais das Tipologias Supermercado e Hipermercado .....	32
2.3.3.1. Perfis Constantes .....	33
2.3.3.2. Perfis Variáveis .....	34
2.4. Resumo .....	39
Capítulo 3 .....	41

Simulação Dinâmica e Caracterização de Supermercado Tipo .....	41
3.1. Simulação Dinâmica de Edifícios no Âmbito da Certificação Energética .....	41
3.2. Modelação de Edifícios no “ <i>Design Builder</i> ” .....	44
3.3. Resumo .....	51
<b>Capítulo 4.....</b>	<b>53</b>
Caracterização e Simulação do Supermercado Tipo.....	53
4.1. Identificação e Localização .....	53
4.1.1. Iluminação .....	55
4.1.2. Envidraçados.....	55
4.1.3. Equipamentos .....	56
4.1.4. Características da Envolvente do Edifício .....	57
4.1.5. Ocupação.....	57
4.1.6. Consumos Energéticos .....	58
4.2. Simulação e Análise de Resultados do Supermercado.....	58
4.3. Resumo .....	71
<b>Capítulo 5.....</b>	<b>73</b>
Desafios Relacionados com a Eficiência Energética em Lojas de Retalho .....	73
5.1. Barreiras Associadas à Implementação de Eficiência Energética .....	73
5.2. Incentivos à Eficiência Energética .....	75
5.2.1. Implementação de Eficiência Energética nas Lojas de Retalho .....	76
5.3. Conclusões .....	77
5.3.1. Limitação e Desatualização do Processo de Certificação.....	77
5.3.2. Promoção de Hábitos Eficientes .....	79
5.3.3. Perspectiva de Trabalhos Futuros .....	79
<b>Referências .....</b>	<b>81</b>
<b>Anexo .....</b>	<b>85</b>

## Lista de figuras

Figura 1.1 - Aumento da temperatura na superfície terrestre, relativamente à temperatura média entre 1950 e 1980 [1].....	2
Figura 1.2 - Evolução das concentrações de CO <sub>2</sub> ao longo dos anos [1].....	3
Figura 1.3 - Variação mensal da temperatura em Portugal entre 1900 e 2009 [4].....	3
Figura 1.4 - Variação da taxa de dependência energética entre 2000 e 2010 [8].....	5
Figura 1.5 - Evolução do Consumo de Energia Primária em Portugal [8].	6
Figura 1.6 - Intensidade Energética de Portugal e média europeia [10].....	6
Figura 1.7 - Consumo de Energia Final por Setor [8] .....	7
Figura 1.8 - Quotas de mercado de distribuição alimentar em Portugal (2007) [14].	9
Figura 2.1 - Fluxograma do processo de verificação da necessidade de Plano de Racionalização Energética [20].	23
Figura 2.2 - Exemplo de Supermercado.....	28
Figura 2.3 - Exemplo de Hipermercado. ....	29
Figura 2.4 - Desagregação dos principais consumos de um supermercado tipo. ....	31
Figura 2.5 - Desagregação dos principais consumos de um hipermercado tipo.....	31
Figura 3.1 - Fluxograma do processo de emissão de um certificado energético. ....	43
Figura 3.2 - Definição da localização do edifício.....	44
Figura 3.3 - Construção tridimensional do supermercado. ....	45
Figura 3.4 - Caracterização da atividade de um espaço. ....	46
Figura 3.5 - Aspetos construtivos do edifício. ....	47
Figura 3.6 - Definição dos vãos envidraçados.....	48
Figura 3.7 - Definição da iluminação. ....	49
Figura 3.8 - Caracterização do sistema de AVAC.....	50

Figura 4.1 - Imagem aérea do supermercado.....	54
Figura 4.2 - Medidor de Vidros. ....	56
Figura 4.3 - Resultados da simulação real do supermercado. ....	59
Figura 4.4 - Resultados obtidos no <i>Energy Plus</i> referentes à simulação nominal. ....	62
Figura 4.5 - Zonas climáticas de Verão [10]. ....	65

## Lista de tabelas

Tabela 1.1 - Emissões de CO <sub>2</sub> dos estados membros da União Europeia (megatoneladas equivalentes de CO <sub>2</sub> ) [6]. .....	4
Tabela 1.2 - Estimativas do potencial de poupança de energia nos setores utilizadores [12]. .....	8
Tabela 2.1 - Classes energéticas para edifícios do Tipo A ou C. ....	17
Tabela 2.2 - Classe energética para edifícios do Tipo B. ....	18
Tabela 2.3 - Valores do parâmetro S. ....	20
Tabela 2.4 - Tipos de Indicador de Eficiência Energética [20]. ....	21
Tabela 2.5 - Valores limite dos consumos globais específicos de algumas tipologias dos edifícios de serviços existentes [21]. ....	22
Tabela 2.6 - Valores de referência limite dos consumos nominais específicos de algumas tipologias dos novos edifícios de serviços [21]. ....	22
Tabela 2.7 - Valores de referência limite dos consumos nominais específicos de alguns espaços complementares dos novos edifícios de serviços [21]. ....	22
Tabela 2.8 - Perfis constantes nos Supermercados e Hipermercados [21]. ....	33
Tabela 2.9 - Perfis de utilização nos Supermercados e Hipermercados [21]. ....	33
Tabela 2.10 - Perfis de utilização nos Supermercados e Hipermercados [21]. ....	34
Tabela 2.11 - Perfis variáveis de ocupação nos Hipermercados [21]. ....	35
Tabela 2.12 - Perfis variáveis de ocupação nos Supermercados [21]. ....	35
Tabela 2.13 - Perfis variáveis de equipamentos nos Hipermercados [21]. ....	36
Tabela 2.14 - Perfis variáveis de equipamentos nos Supermercados [21]. ....	37
Tabela 2.15 - Perfis variáveis de iluminação nos Hipermercados [21]. ....	38
Tabela 2.16 - Perfis variáveis de iluminação nos Supermercados [21]. ....	38

Tabela 3.1 - Coeficientes de transmissão térmica de vãos envidraçados verticais com caixilharia metálica sem corte térmico. ....	48
Tabela 3.2 - Caudais mínimos de ar novo. ....	51
Tabela 4.1 - Características da Zona Climática. ....	54
Tabela 4.2 - Resumo da Iluminação Interior. ....	55
Tabela 4.3 - Resumo da Iluminação Exterior. ....	55
Tabela 4.4 - Potência média diária medida. ....	58
Tabela 4.5 - Consumo anual estimado. ....	58
Tabela 4.6 - Resultados de consumos desagregados da simulação real do supermercado. ....	59
Tabela 4.7 - Consumos não contabilizados na simulação real. ....	61
Tabela 4.8 - Oscilação entre os resultados da simulação real e as faturas. ....	61
Tabela 4.9 - Resultados obtidos no <i>Energy Plus</i> referentes à simulação nominal. ....	62
Tabela 4.10 - Consumos não contabilizados na simulação nominal. ....	63
Tabela 4.11 - Determinação do fator de forma do supermercado. ....	64
Tabela 4.12 - Fatores de correção do supermercado. ....	65
Tabela 4.13 - Determinação dos consumos do espaço complementar Armazém. ....	66
Tabela 4.14 - IEE Nominal do espaço complementar Armazém. ....	66
Tabela 4.15 - Determinação do IEE Nominal ponderado referente à tipologia Supermercado. ....	67
Tabela 4.16 - Consumos da tipologia supermercado. ....	69
Tabela 4.17 - Indicadores de eficiência energética. ....	69
Tabela 4.18 - Quadro resumo. ....	70
Tabela 4.19 - Valores ponderados do edifício. ....	70



# Abreviaturas e Símbolos

## Lista de abreviaturas

ADENE	Agência para a Energia
AQS	Águas Quentes Sanitárias
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
CE	Certificado Energético
DCR	Declaração de Conformidade Regulamentar
DGEG	Direcção Geral de Energia e Geologia
GEE	Gases de Efeito Estufa
GTP	<i>Green Tax Package</i>
IEE	Indicador de Eficiência Energética
PRE	Plano de Racionalização Energética
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior



# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1. Alterações Climáticas

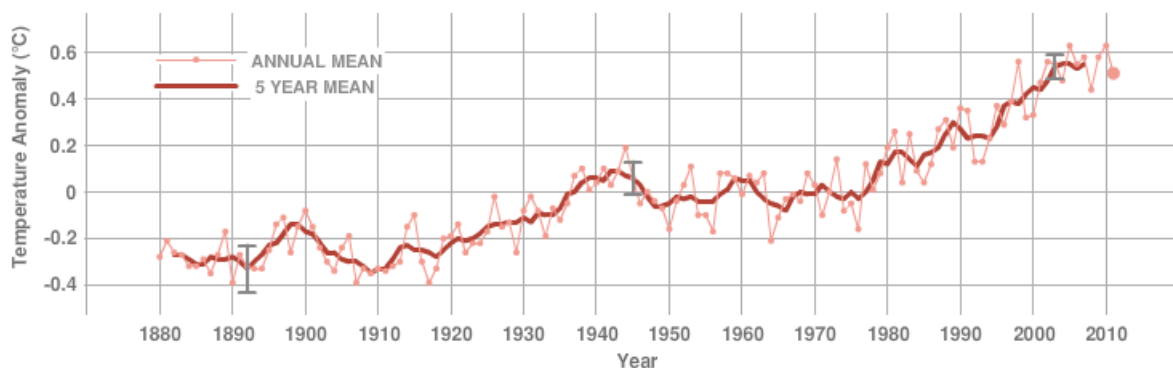
As alterações climáticas são uma das principais ameaças ambientais, sociais e económicas que enfrentamos atualmente [1,2]. A atividade humana é uma das causas destas alterações e o esforço coletivo global que vem sendo feito ao longo dos anos não é o suficiente para manter os Gases de Efeito Estufa (GEE) em níveis seguros, sendo a sua concentração uma das principais causas para o aquecimento global [1]. Os principais gases, segundo a National Aeronautics and Space Administration (NASA) [1], que contribuem para o efeito estufa são:

- **Vapor de água:** o mais abundante dos GEE. O vapor de água aumenta com o aquecimento da atmosfera, aumentando também a possibilidade de formação de nuvens e precipitação, sendo estas um dos principais mecanismos de feedback do efeito estufa.
- **Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>):** libertado através de processos naturais tais como a respiração e erupções vulcânicas, mas também através da atividade humana como a desflorestação ou queima de combustíveis fósseis. É o mais importante dos gases de longa duração.
- **Metano:** Um hidrocarboneto produzido por processos naturais, assim como pela atividade humana como a agricultura, cultivo de arroz, digestão de animais de espécie ruminante, entre outros. O metano é um GEE mais ativo que o dióxido de carbono, mas existe em quantidades muito mais reduzidas na atmosfera.

## 2 Introdução

- **Óxido Nitroso:** GEE produzido pelo cultivo dos solos, especialmente pelo uso de fertilizantes, combustão de combustíveis fósseis, produção de ácido nítrico e queima de biomassa.
- **Clorofluorcarboneto (CFC):** Compostos sintéticos de origem industrial usados nas mais variadas aplicações. Para além de provocarem o efeito estufa, estes gases também são responsáveis pela destruição da camada de ozono, estando a sua produção fortemente regulada devido a esse facto.

Estes gases podem refletir ou absorver calor, quer emitido pelo Sol, quer pela Terra. O efeito estufa é essencial para a existência de vida no planeta, pelo que a ausência de GEE levaria a temperaturas cerca de 33°C mais baixas. O excesso de concentração de GEE é o verdadeiro problema [2]. A concentração de GEE, com o CO<sub>2</sub> em particular destaque, está diretamente ligada com o aumento da temperatura média global, e ambas têm crescido a um ritmo praticamente constante, desde os tempos da Revolução Industrial.



**Figura 1.1** - Aumento da temperatura na superfície terrestre, relativamente à temperatura média entre 1950 e 1980 [1].

Comparando a Figura 1.1 com a Figura 1.2, é visível a relação entre o aumento da temperatura e a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, atingindo atualmente valores acima dos recordes históricos.

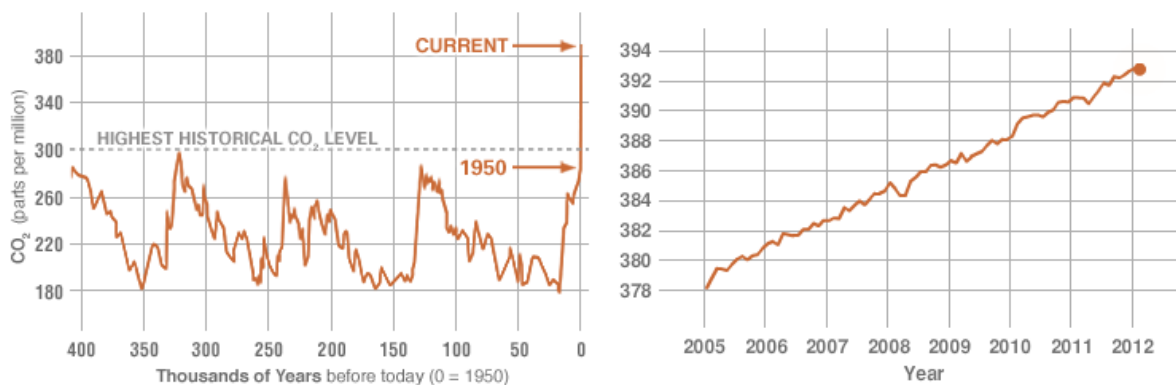


Figura 1.2 - Evolução das concentrações de CO<sub>2</sub> ao longo dos anos [1].

A temperatura média da superfície terrestre subiu cerca de  $(0,74 \pm 0,18)^\circ\text{C}$  desde os finais do século XIX [3]. Em Portugal, segundo a Figura 1.3, entre 1900 e 2009 verificou-se um aumento médio de  $1,43^\circ\text{C}$  [4].

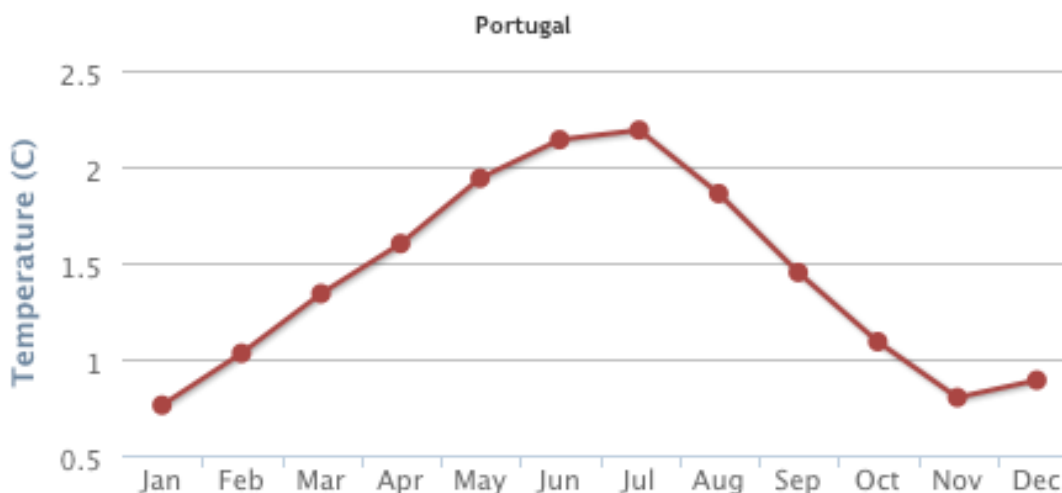


Figura 1.3 - Variação mensal da temperatura em Portugal entre 1900 e 2009 [4].

Seguindo a tendência do aumento da temperatura, espera-se que a temperatura média global aumente entre  $1,8^\circ\text{C}$  e  $4^\circ\text{C}$  até ao ano 2100 se nada for feito. Este aumento traz consigo consequências gravíssimas nos mais variados aspectos [5]:

- **Agricultura:** maior necessidade de irrigação; aumento de pestes e ervas daninhas; alterações das áreas de cultivo;
- **Biodiversidade:** extinção de algumas espécies de plantas e animais; perda de habitats naturais, destruição de vida marinha;
- **Fenómenos naturais extremos:** vagas de calor e secas prolongadas; aumento de cheias; tufões, tornados e tempestades cada vez mais violentas;

#### 4 Introdução

- **Recursos de água:** Alterações na disponibilidade de água e diminuição da sua qualidade; aumento de secas e cheias;
- **Florestas:** alteração na localização e composição das florestas; desaparecimento de algumas florestas; aumento de incêndios; destruição de habitats naturais;
- **Nível do mar e zonas costeiras:** aumento do nível do mar; inundações de cidades costeiras, ilhas, estuários costeiros, pântanos e corais; erosão nas praias;
- **População Humana:** aumento da mortalidade devido ao calor e doença; mais refugiados ambientais; aumento de migração; propagação de doenças tropicais para zonas temperadas; aumento de doenças respiratórias; aumento de poluição marítima derivada de inundações costeiras.

O protocolo de Quioto veio impor uma redução nos níveis de emissão de GEE, podendo os países que não atinjam as metas previstas incorrer em pesadas coimas.

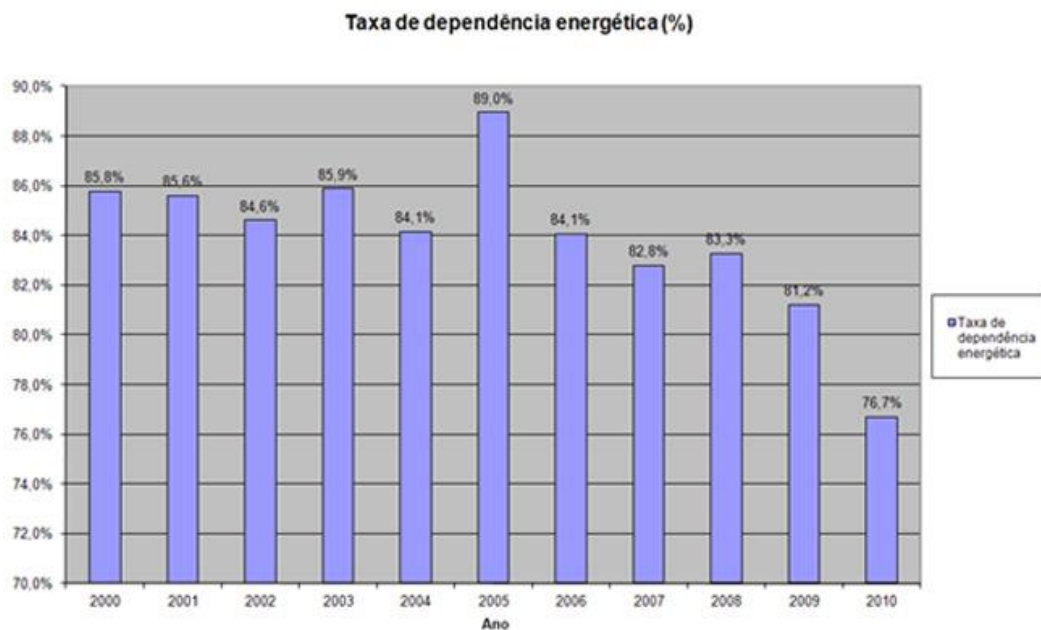
**Tabela 1.1** - Emissões de CO<sub>2</sub> dos estados membros da União Europeia (megatoneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>) [6].

EU MEMBER STATE	2003	2004	2005	2006	2007	2008	KYOTO TARGET 2012	% UNDER KYOTO TARGET
ESTONIA	21.2	21.2	20.7	19.2	22.0	20.3	40	49.25 %
LATVIA	10.7	10.7	10.9	11.7	12.1	11.9	23.3	48.93 %
LITHUANIA	16.7	21.1	22.6	22.8	24.7	24.3	44.1	44.90 %
ROMANIA	-	180.1	153.7	153.9	152.3	145.9	259.9	43.86 %
BULGARIA	-	68.9	69.8	71.5	75.7	73.5	127.3	42.26 %
HUNGARY	83.3	79.5	80.5	78.8	75.9	73.1	114.9	36.38 %
POLAND	382.5	396.7	399	399.3	398.9	395.6	551.7	28.29 %
SLOVAKIA	51.1	49.5	48.7	49.0	47.0	48.8	67.2	27.38 %
CZECH REPUBLIC	147.5	147.1	145.6	149.1	150.8	141.4	180.6	21.71 %
SWEDEN	70.9	69.7	67	66.9	65.4	64.0	75.2	14.89 %
GREECE	137.2	137.6	139.2	128.1	131.9	126.9	139.6	9.10 %
UNITED KINGDOM	658	660.4	657.4	647.9	636.7	628.2	678.3	7.39 %
FRANCE	560.9	556.1	553.4	541.7	531.1	527.0	564	6.56 %
BELGIUM	147.6	147.6	143.8	136.6	131.3	133.3	135.9	1.91 %
GERMANY	1024.4	1025	1001.5	980.0	956.1	958.1	972.9	1.52 %
FINLAND	85.4	81.2	69.3	79.9	78.3	70.1	71.1	1.41 %
% ABOVE KYOTO TARGET								
PORTUGAL	83.7	84.6	85.5	84.7	81.8	78.4	77.4	1.29 %
NETHERLANDS	215.4	218.4	212.1	208.5	207.5	206.9	200.4	3.24 %
IRELAND	68.4	68.6	69.9	69.7	69.2	67.4	63	6.98 %
ITALY	577.3	580.5	582.2	563.0	552.8	541.5	485.7	11.49 %
SLOVENIA	19.7	19.9	20.3	20.5	20.7	21.3	18.6	14.52 %
DENMARK	73.6	68.2	63.9	71.0	66.6	63.8	54.8	16.42 %
SPAIN	407.4	425.2	440.6	433.0	442.3	405.7	331.6	22.35 %
AUSTRIA	92.5	91.2	93.3	91.6	88.0	86.6	68.7	26.06 %
LUXEMBOURG	11.3	12.8	12.7	13.3	12.9	12.5	9.1	37.36 %
MALTA	3.1	3.2	3.4	2.9	3.0	3.0	NO TARGET	
CYPRUS	9.2	9.9	9.9	9.9	10.1	10.2	NO TARGET	

De acordo com dados provisórios avançados pela Agência Europeia do Ambiente, Portugal emitiu 74,9 megatoneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> em 2010, encontrando-se 3,23% abaixo do objectivo estabelecido pelo Protocolo de Quioto [7].

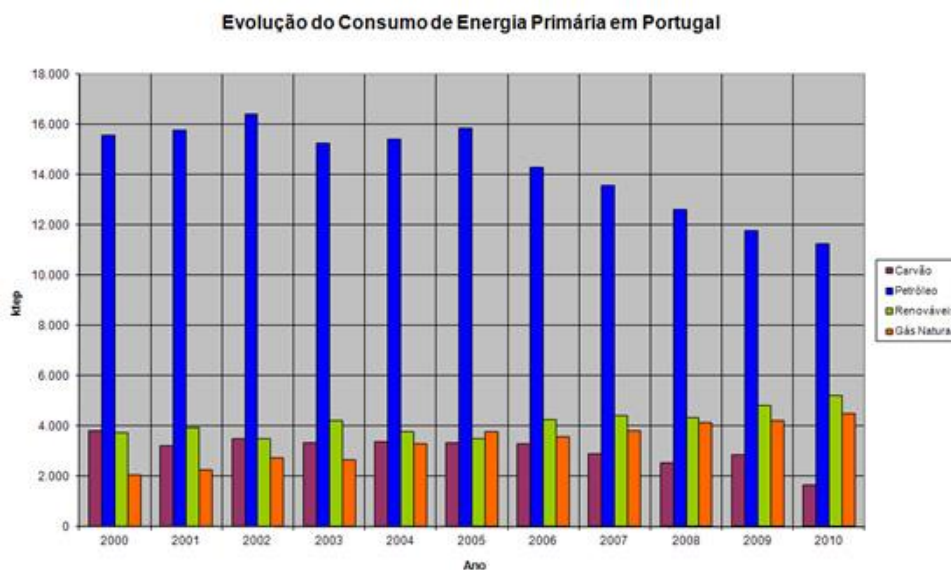
## 1.2. Consumo Energético em Portugal

Portugal sofre de uma elevada dependência energética do exterior (Figura 1.4), principalmente no que diz respeito às importações de fontes primárias de origem fóssil por ser um país com escassos recursos energéticos endógenos, como o petróleo, o carvão e o gás. Apesar da taxa de dependência energética ter vindo a decrescer desde 2005 (89%), continua em valores muito elevados (76,7% em 2010) [8]. A escassez de recursos fósseis obriga a uma contínua aposta nas fontes de energias renováveis, como a hídrica, eólica, solar, geotérmica, biomassa [8].



**Figura 1.4** - Variação da taxa de dependência energética entre 2000 e 2010 [8].

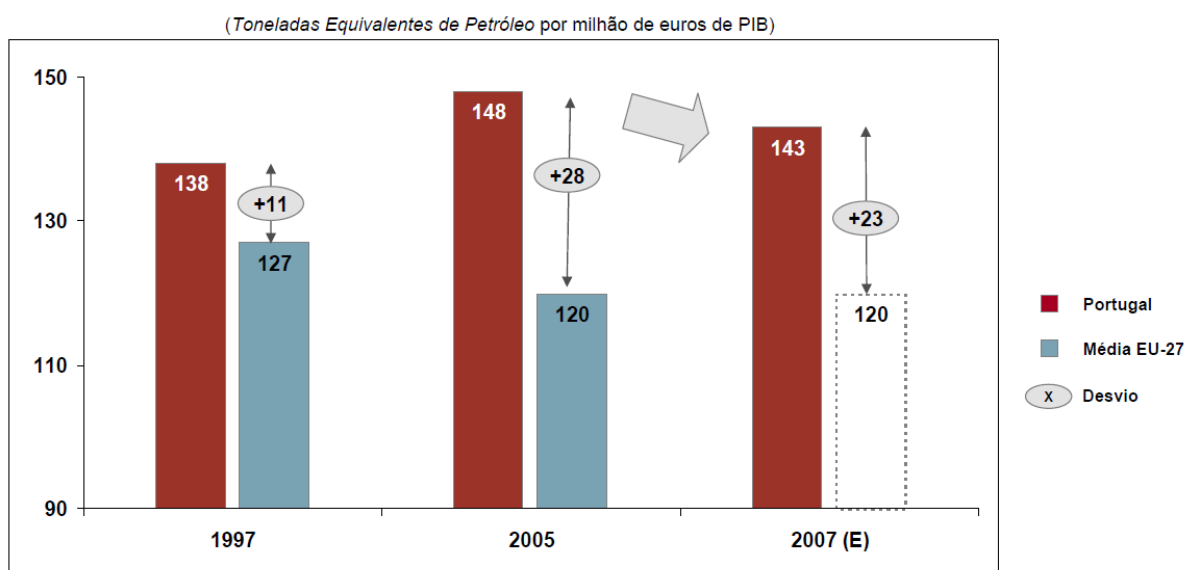
A Figura 1.4 mostra que desde 2005 a taxa de dependência energética tem vindo a decrescer. Podemos fazer uma análise comparativa com a Figura 1.5, onde é exibida a evolução do consumo de energia primária em Portugal.



**Figura 1.5** - Evolução do Consumo de Energia Primária em Portugal [8].

Desde 2005 que o consumo de petróleo tem vindo a decrescer, apesar de ainda ser a energia primária mais significativa, representando 49.1% do consumo total de energia primária em 2010. Esse decréscimo é contrabalançado, embora não de forma tão significativa, com um aumento do contributo das energias renováveis (24,1% em 2010) e do gás natural (19,7%), sendo este o principal agente na redução da dependência exterior em relação ao petróleo, como podemos observar na Figura 1.5, contribuindo para diversificar a estrutura da oferta de energia [8].

A intensidade energética é um indicador de eficiência energética que traduz a incidência do consumo de energia final sobre o PIB (Produto Interno Bruto). Isto é, quanto menor for a intensidade energética, maior é a eficiência energética de uma economia ou produto [9].



**Figura 1.6** - Intensidade Energética de Portugal e média europeia [10].



A intensidade energética em Portugal, em 1997, era de 138 tep<sup>1</sup> por milhão de euros de PIB, ou seja, para produzir um milhão de euros de PIB, era necessário incorporar mais de 11 toneladas equivalentes de petróleo do que a média europeia (ver Figura 1.6). Até 2005 a divergência entre a intensidade energética portuguesa e a da média europeia atingiu o valor de 28 toneladas equivalentes de petróleo. Observa-se na Figura 1.6, no entanto, uma inversão na tendência entre 2005 e 2007, resultado da diminuição do consumo de energia final observado durante esse período (Figura 1.5) e do aumento do PIB [11].

Em 2010 a energia final consumida em Portugal atingiu o valor de 17276 ktep, verificando-se uma redução de 1,3% face ao ano anterior. Desagregando esta redução de consumos, verificamos que se registou um decréscimo de 2,7% relativamente ao consumo de petróleo, um aumento de 4,1% em electricidade e de 5,3% de gás natural.

Analisando o consumo de energia final por setor de atividade verifica-se que o principal consumidor é o setor dos Transportes, responsável por 37,4% do consumo, seguido da Indústria com 30,1%, setor Doméstico com 17%, Serviços com 11,7% e 3,8% nos restantes setores, nos quais se inclui a Agricultura, Pescas, Construção e Obras Públicas (Figura 1.7) [8].

### Consumo de Energia Final por Setor em 2010 (%)

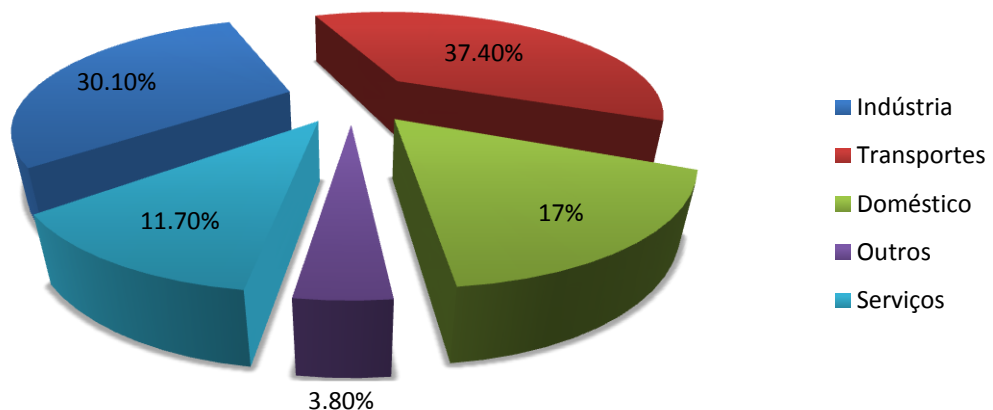


Figura 1.7 - Consumo de Energia Final por Setor [8]

<sup>1</sup> Toneladas equivalentes de petróleo.

Os Serviços são um setor em que, para além de um elevado consumo, está associado um enorme desperdício de energia. Segundo a Comissão Europeia é técnica e economicamente exequível poupar pelo menos 20% da energia primária total até 2020, correspondendo a 390 megatoneladas equivalentes de petróleo (Mtep) por ano. Esta poupança deve-se, em grande parte, ao potencial de poupança dos edifícios, residenciais e de serviços, com um potencial de poupança de 27% e 30% da energia utilizada, respetivamente (Tabela 1.2).

**Tabela 1.2** - Estimativas do potencial de poupança de energia nos setores utilizadores [12].

Setor	Consumo de energia em 2005 (Mtep)	Consumo de energia em 2020 mantendo o <i>status quo</i> (Mtep)	Potencial de poupança de energia em 2020 (Mtep)	Potencial total de poupança em 2020 (%) (aprox.)
Famílias (residencial)	280	338	91	27%
Edifícios comerciais (terciário)	157	211	63	30%
Transportes	332	405	105	26%
Indústria transformadora	297	382	95	25%

Com base nestas poupanças a União Europeia espera diminuir as emissões de CO<sub>2</sub> em 780 megatoneladas, relativamente ao cenário de referência, valor esse que é o dobro das reduções previstas pelo Protocolo de Quioto.

### 1.3. O Setor das Lojas de Retalho Alimentar

A contribuição do setor dos Serviços para a intensidade energética nacional revela uma grande disparidade da Europa dos 27, verificando-se no período 1997-2005 um aumento de 7.4% em Portugal, contrariando a tendência europeia, que verificou uma diminuição de 0.1%, mais do que qualquer um dos outros setores, sendo de realçar que, apesar do peso dos Serviços na economia portuguesa ser muito semelhante à economia europeia, a energia consumida por valor acrescentado bruto é cerca de um terço [11].

O setor dos Serviços é muito diversificado, composto por setores de atividade que vão desde a Pequena Loja até um Hipermercado, e mesmo dentro da mesma atividade é possível encontrar edifícios eficientes e outros grandes consumidores de energia. Dentro dos serviços, é de realçar que os setores de atividade com consumos mais significativos são os

restaurantes, hotéis, hipermercados, supermercados, piscinas, hospitais e escritórios, sendo que os que apresentam um maior consumo específico em energia, com cerca de 800 kWh/m<sup>2</sup>, são os restaurantes, seguidos pelas piscinas e hipermercados, com 460 kWh/m<sup>2</sup> e 320 kWh/m<sup>2</sup> respetivamente [13].

i. O Setor do Retalho Alimentar no Panorama Nacional

Em Portugal, as cinco maiores empresas de retalho alimentar detêm uma quota de 64% do mercado, sendo os seus principais operadores o grupo Sonae e o grupo Jerónimo Martins, com as suas marcas principais, Continente e Pingo Doce. Os dois grupos correspondem a uma quota total de 37% do mercado de retalho alimentar [14]. Apesar de, em 2010, comparativamente com o ano anterior, se verificar uma desaceleração no crescimento do parque de lojas deste setor, o aumento continua a ser evidente, registando-se 33 novos espaços comerciais pertencentes a empresas de distribuição do top 20 da Associação Portuguesa de Empresas de Distribuição [15].

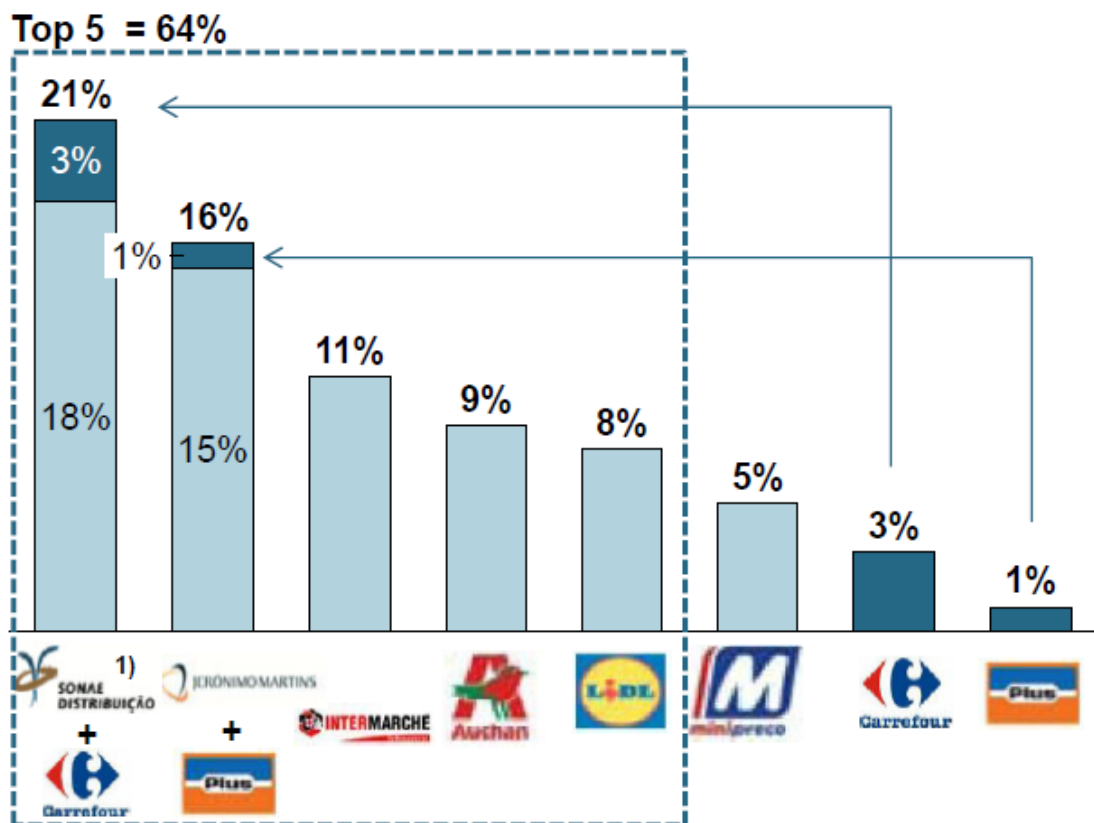


Figura 1.8 - Quotas de mercado de distribuição alimentar em Portugal (2007) [14].

As principais marcas de distribuição alimentar, para empresas pertencentes à Associação Portuguesa de Empresas de Distribuição, detinham, em 2010, 1315 lojas, o que corresponde a um crescimento de cerca de 3% face ao ano anterior [15].

## 1.4. Certificação Energética

De acordo com a Diretiva n.º 2002/91/CE, relativa ao desempenho energético dos edifícios, foi estabelecido que os países membros da União Europeia devem implementar um sistema de certificação energética capaz de informar o cidadão da qualidade térmica dos edifícios aquando da sua construção ou transação (venda ou arrendamento), exigindo que os edifícios públicos sejam também abrangidos pelo sistema. A certificação energética permite obter informação sobre potenciais consumos, no caso de edifícios novos ou sujeitos a grandes obras de reabilitação, dos seus consumos reais ou previstos, de acordo com padrões de utilização típicos para cada tipo de setor de atividade. Os custos energéticos passam assim a ser um dos principais aspetos que caracterizam os edifícios. No caso dos edifícios existentes, a certificação energética destina-se a informar o utente das possíveis medidas de melhoria aplicáveis, com viabilidade económica, de modo a reduzir os consumos energéticos e melhorar a classe de eficiência energética do edifício [16].

Em 2006 esta diretiva foi transposta para a ordem jurídica nacional através de um pacote legislativo composto por três pilares sobre os quais assenta a nova legislação relativa à qualidade térmica dos edifícios em Portugal, sendo eles o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios (RSECE).

### i. Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior, Decreto-Lei n.º 78/2006, tem como objectivo:

- a) Assegurar a aplicação regulamentar, nomeadamente no que respeita às condições de eficiência energética, à utilização de sistemas de energias renováveis e, ainda, às condições de garantia da qualidade do ar interior, de acordo com as exigências e disposições contidas no RCCTE e no RSECE;
- b) Certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios;
- c) Identificar as medidas correctivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respetivos sistemas energéticos, nomeadamente caldeiras e equipamentos de ar condicionado, quer no que respeita ao desempenho energético, quer no que respeita à qualidade do ar interior.

Por este regulamento estão abrangidos todos os edifícios, novos ou existentes, sujeitos a grandes intervenções de reabilitação, nos termos do RSECE e do RCCTE, edifícios de serviços

existentes, sujeitos a auditorias periódicas, conforme especificado no RSECE, e edifícios existentes, para habitação e para serviços, aquando da transação do imóvel, quer por venda como por locação [17].

## ii. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios (RSECE)

O RSECE vem definir um conjunto de requisitos, aplicáveis a edifícios de serviços e de habitação dotados de sistemas de climatização, que abrangem tanto a eficiência e manutenção dos sistemas, como a qualidade da envolvente e a limitação dos consumos energéticos. É também obrigatória a realização de auditorias periódicas aos edifícios de serviços. A qualidade do ar interior é também abrangida por requisitos que abrangem as taxas de renovação do ar interior e a concentração máxima dos principais poluentes [18].

## iii. Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)

O RCCTE vem estabelecer requisitos de qualidade para os novos edifícios de habitação e de pequenos serviços sem sistemas de climatização, nomeadamente ao nível das características da envolvente, limitando as perdas térmicas e controlando os ganhos solares excessivos. Este regulamento impõe, também, limites aos consumos energéticos da habitação para climatização e produção de águas quentes, de modo a incentivar a implantação de fontes de energia com menor impacto em termos ambientais. A utilização de fontes de energia renovável é valorizada pelo regulamento, sendo obrigatória a instalação de colectores solares térmicos em novos edifícios de habitação, ou aqueles sujeitos a grande reabilitação, estando os edifícios existentes isentos [18].

### 1.4.1. O Certificado Energético

O certificado energético serve para informar os consumidores sobre as condições térmicas do edifício, permitindo essa análise que o consumidor faça uma comparação objectiva entre as diversas opções do mercado, através de uma avaliação do tipo custo/benefício (no caso de se tratar de uma transação de imóvel). No entanto o objetivo da certificação energética vai além da atribuição de uma classe de eficiência aos edifícios. São também incluídas no certificado recomendações sobre medidas de melhoria com viabilidade económica que permitam que seja atingido um melhor desempenho energético dos edifícios. No caso de edifícios existentes, a identificação e estudo de medidas de melhoria são obrigatórios, com base na metodologia definida no Anexo IX do Despacho 11020/2009 - Nota Técnica NT-SCE-01 [19].

Numa vertente económica, a certificação energética serve também para promover a reabilitação dos edifícios mais antigos e o investimento em soluções técnicas que sejam favoráveis à melhoria da qualidade térmica e energética dos edifícios. Num contexto ambiental, pretende-se que o certificado energético sirva para aumentar a eficiência média do setor dos edifícios, reduzindo a dependência externa da União Europeia, contribuindo para o cumprimento dos objetivos estabelecidos pelo Protocolo de Quioto [10].

Existem diversas entidades intervenientes num processo de certificação. A Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG) e a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) são as entidades supervisoras. A Agência para a Energia (ADENE) é a Entidade Gestora. A Ordem dos Engenheiros (OE), Ordem dos Arquitectos (OA) e a Ordem dos Engenheiros Técnicos (OET) são as entidades que reconhecem os Peritos Qualificados (PQ) responsáveis pelo processo de certificação, tendo estes, obrigatoriamente, que pertencer a uma destas entidades para o exercício da sua função. A fiscalização é da responsabilidade da ADENE, através da subcontratação de entidades públicas ou privadas [10].

### **1.5. Motivação e Objectivos da Dissertação**

Nos últimos tempos temos verificado um crescimento no número de superfícies de retalho alimentar em Portugal. Este crescimento é verificado não apenas nas principais empresas de distribuição alimentar mas também em outras de menor expressão nacional que têm surgido e crescido ao longo dos últimos anos. Através da mudança de imagem, e aproveitando a situação de crise económica em que vivemos, cada vez mais surgem promoções, campanhas publicitárias e novos formatos de loja que pretendem acompanhar os novos hábitos de consumo dos portugueses, que nos últimos tempos passaram a valorizar, cada vez mais, o fator preço e a conveniência/comodidade de ter um supermercado ou hipermercado perto de casa. Outro fator diretamente ligado ao crescimento do setor é o horário alargado de funcionamento dos hipermercados, originando uma maior fonte de receita. No entanto, a legislação em vigor, relativa à certificação energética, não foi atualizada de modo a refletir estas mudanças no período de funcionamento.

Com o aumento do volume de negócios está implícito um aumento nos consumos e, conseqüentemente, nas emissões de CO<sub>2</sub>. É necessário que este consumo seja realizado de uma forma eficiente e que o investimento financeiro em medidas de melhoria de eficiência energética seja encarado, não como uma obrigação, mas sim como uma oportunidade de reduzir os consumos e conseqüentemente a factura energética e a emissão de um dos principais gases de efeito estufa que têm vindo a contribuir para o aquecimento global que assola o planeta.

O principal objetivo deste trabalho de dissertação é analisar a eficiência energética das lojas de retalho alimentar em Portugal através da análise de uma das tipologias típicas deste setor de atividade, sendo este um dos principais consumidores de energia elétrica.

Inicialmente serão caracterizadas as várias tipologias tipo do setor, tanto a nível de consumos energéticos, como relativamente aos perfis de utilização. Através desta caracterização será possível realizar uma análise das diferentes tipologias distinguidas na legislação em vigor e comparar com os perfis típicos de utilização que se encontram identificados no Decreto-Lei n.º 79/2006. De seguida pretende-se realizar o modelo de simulação para um supermercado típico e determinar a respetiva classe energética. Com isto pretende-se analisar a eficiência de uma loja de retalho padrão e determinar quais as barreiras e incentivos associados à implementação de medidas de eficiência energética no setor.

## 1.6. Estrutura da Dissertação

No segundo capítulo é analisada a certificação energética no âmbito das lojas de retalho, sendo apresentadas as tipologias tipo distinguidas na legislação em vigor, e é feita uma análise comparativa de cada uma das tipologias, tanto a nível dos principais consumos, como do tipo de utilização.

No terceiro capítulo é apresentado o conceito de simulação dinâmica e a sua importância no processo de certificação energética. São também apresentados os passos para a modelação de um edifício no software *Design Builder*.

No quarto capítulo é apresentada a caracterização do edifício tipo, um supermercado, e determinada a sua classe de eficiência energética através dos resultados obtidos pela simulação dinâmica.

No quinto e último capítulo, são identificadas as barreiras associadas à implementação de eficiência energética nas lojas de retalho e as limitações da legislação em vigor, sendo apresentadas as conclusões retiradas ao longo do trabalho desenvolvido e perspectivas de trabalho futuro.

Em anexo encontram-se as tabelas resumo dos espaços considerados no caso de estudo e dos seus consumos, que serviram de auxílio para a determinação da classe de eficiência energética.





## Capítulo 2

# Certificação Energética e as Lojas de Retalho

Neste capítulo é apresentado o âmbito de aplicação do Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização de Edifícios e indicado como é determinada a classificação energética dos edifícios. São também apresentadas as duas tipologias de lojas de retalho alimentar identificadas no Regulamento, através da sua caracterização e da identificação dos seus principais consumos. Finalmente, são apresentados os perfis nominais de ambas as tipologias e realizada uma análise comparativa entre elas.

### 2.1. Legislação

No âmbito de aplicação do Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização de Edifícios (RSECE) é necessário analisar o tipo de edifício a certificar. De acordo com o n.º 1 do Artigo 2º do RSECE, este regulamento é aplicável a:

- i. Grandes edifícios ou fracções autónomas de serviços, sejam eles existentes (projeto de licenciamento das instalações mecânicas de climatização anterior a 4 de Junho de 2006) ou novos (projeto de licenciamento das instalações mecânicas de climatização posterior a 4 de Junho de 2006), com uma área útil superior a 1000 m<sup>2</sup>, ou, no caso de edifícios do tipo centros comerciais, supermercados, hipermercados e piscinas aquecidas cobertas, com área superior a 500 m<sup>2</sup> (GES);
- ii. Novos pequenos edifícios ou fracções autónomas de serviços com sistemas de climatização com potência instalada superior a 25 kW (PEScC);
- iii. Novos edifícios de habitação ou cada uma das suas fracções autónomas com sistemas de climatização com potência instalada superior a 25 kW (HcC);
- iv. Novos sistemas de climatização a instalar em edifícios ou fracções autónomas existentes, de serviços ou de habitação, com potência instalada igual ou superior a 25 kW em qualquer tipologia de edifícios;

## 16 Certificação Energética e as Lojas de Retalho

- v. Grandes intervenções (quando o custo da intervenção é superior a 25% do valor do edifício) de reabilitações relacionadas com a envolvente, as instalações mecânicas de climatização ou os demais sistemas energéticos dos edifícios de serviços;
- vi. Ampliações dos edifícios existentes em que a intervenção não atinja o limiar definido para ser considerada um grande intervenção de reabilitação.

Para o processo de certificação de um edifício de serviços é necessário analisar previamente um conjunto de aspetos que vão servir para determinar se estamos perante uma avaliação no âmbito do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) ou do RSECE, e se se tratará de um ou mais certificados energéticos (CE) ou uma Declaração de Conformidade Regulamentar (DCR) [20]. Na emissão de um certificado energético no âmbito do RSECE, os edifícios têm que verificar o cumprimento de uma série de requisitos que se encontram todos identificados no regulamento:

- i. Requisitos energéticos;
- ii. Requisitos para a manutenção da qualidade do ar interior;
- iii. Requisitos para a conceção das instalações mecânicas de climatização;
- iv. Construção, ensaios e manutenção das instalações [21].

### 2.1.1. Classificação Energética

A classe energética para os edifícios ou frações de edifícios que sejam objeto de DCR ou CE dos Tipos A<sup>2</sup> ou C<sup>3</sup>, é determinada através da razão entre o valor das necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes sanitárias ( $N_{tc}$ ) e o valor limite máximo regulamentar para as necessidades anuais globais de energia primária para climatização e águas quentes sanitárias ( $N_t$ ), ambos em  $\text{kgep}/\text{m}^2\cdot\text{ano}$ :

$$R = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad , \quad (2.1)$$

Onde:

$N_{tc}$  - Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes sanitárias ( $\text{kgep}/\text{m}^2\cdot\text{ano}$ );

$N_t$  - Valor limite máximo regulamentar para as necessidades anuais globais de energia primária para climatização e águas quentes sanitárias ( $\text{kgep}/\text{m}^2\cdot\text{ano}$ ).

---

<sup>2</sup> Tipo A – Certificado ou DCR a emitir em caso de uma Habitação sem Climatização (HsC) ou um Pequeno Edifício de Serviços sem Climatização (PESsC)

<sup>3</sup> Tipo C – Certificado ou DCR a emitir em caso de uma Habitação com Climatização)

Caso se esteja a tratar de um novo edifício ou uma fracção de um novo edifício objecto de DCR ou CE dos Tipos A ou C, o valor de  $N_{tc}$  é determinado de acordo com as metodologias definidas para o efeito no Decreto-Lei 80/2006 de 4 de Abril, não podendo o valor de R ser superior a 1, sendo que nestes casos os valores de  $N_t$  são determinados de acordo com o definido para o efeito no Artigo 15º do mesmo Decreto-Lei. Em edifícios existentes, ou fracções de edifícios existentes, objeto de emissão de um CE do Tipo A ou C, a determinação do valor de  $N_{tc}$  que irá definir a classificação energética poderá ser efectuada mediante as metodologias estabelecidas no Decreto-Lei 80/2006 de 4 de Abril, ou, por opção do perito qualificado responsável pela emissão do certificado, e apenas nos casos em que seja aplicável, de acordo com as simplificações estabelecidas na Nota Técnica NT-SCE01. Nestes casos, o cálculo de  $N_t$  será realizado como nos edifícios novos, tendo em conta eventuais adaptações ou simplificações previstas na Nota Técnica NT-SCE01 [19].

A escala de classificação energética dos edifícios ou fracções autónomas de edifícios é composta por nove classes às quais corresponde um intervalo de valores de R (Tabela 2.1).

**Tabela 2.1 - Classes energéticas para edifícios do Tipo A ou C.**

Classe Energética	Valor de R
A+.....	$R \leq 0,25$
A.....	$0,25 < R \leq 0,50$
B.....	$0,50 < R \leq 0,75$
B-.....	$0,75 < R \leq 1,00$
C.....	$1,00 < R \leq 1,50$
D.....	$1,50 < R \leq 2,00$
E.....	$2,00 < R \leq 2,50$
F.....	$2,50 < R \leq 3,00$
G.....	$R > 3,00$

Para edifícios ou fracções de edifícios novos ou existentes, que sejam objeto de DCR ou CE do Tipo B<sup>4</sup>, como é o caso dos edifícios que vamos analisar nesta dissertação, a classe energética é determinada com base nas seguintes variáveis:

- Valor do indicador de eficiência energética obtido na base dos padrões nominais de utilização definidos no Anexo XV do Decreto-Lei 79/2006 de 4 de Abril ( $IEE_{nom}$ ) e calculado de acordo com o previsto no Anexo IX do mesmo decreto;
- Valor do indicador de eficiência energética de referência para edifícios novos ( $IEE_{ref,novos}$ ), conforme definido no Anexo XI do Decreto-Lei 79/2006 de 4 de Abril;

<sup>4</sup> Tipo B – Certificado ou DCR a emitir em caso de Pequeno Edifício de Serviços com Climatização (PESsC) ou Grande Edifício de Serviços (GES)

c) Valor do parâmetro S, conforme definido no Anexo IV do Despacho n.º 10250/2008.

De acordo com estas variáveis, a determinação da classe energética respectiva é obtida através da Tabela 2.2, sendo a classe atribuída aquela que corresponda a uma das condições verificadas, numa escala de nove classes possíveis.

Tabela 2.2 - Classe energética para edifícios do Tipo B.

Edifícios		Classe Energética	Condição a Verificar
Novos	Existentes	A+	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} - 0,75 \times S$
		A	$IEE_{ref,novos} - 0,75 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} - 0,50 \times S$
		B	$IEE_{ref,novos} - 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} - 0,25 \times S$
		B-	$IEE_{ref,novos} - 0,25 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos}$
		C	$IEE_{ref,novos} < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 0,50 \times S$
		D	$IEE_{ref,novos} + 0,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 1,00 \times S$
		E	$IEE_{ref,novos} + 1,00 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 1,50 \times S$
		F	$IEE_{ref,novos} + 1,50 \times S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 2,00 \times S$
		G	$IEE_{ref,novos} + 2,00 \times S < IEE_{nom}$

Os indicadores de eficiência energética (IEE) são valores indicativos do consumo energético por unidade de área de um determinado espaço e traduzem uma estimativa da energia utilizada para o funcionamento de um edifício durante um ano tipo, por unidade de área ou por unidade de serviço prestado [20]. O IEE é calculado a partir dos consumos efectivos de energia de um edifício durante um ano, convertidos para uma base de energia primária (kgep) através de fatores de conversão que dependem da fonte de energia utilizada, sendo, no caso da eletricidade, 0.290 kgep/kWh, e 0.086 kgep/kWh no caso de combustíveis sólidos, líquidos e gasosos [21]. O IEE é calculado através da seguinte fórmula:

$$IEE = IEE_I + IEE_V + \frac{Q_{out}}{A_p} \quad , \quad (2.2)$$

em que:

IEE - indicador de eficiência energética (kgep/m<sup>2</sup>.ano),

IEE<sub>I</sub> - indicador de eficiência energética de aquecimento (kgep/m<sup>2</sup>.ano),

IEE<sub>V</sub> - indicador de eficiência energética de arrefecimento (kgep/m<sup>2</sup>.ano),

Q<sub>out</sub> - consumo de energia não ligado aos processos de aquecimento e arrefecimento (kgep/ano),

A<sub>p</sub> - área útil de pavimento (m<sup>2</sup>).

Por sua vez, temos que:

$$IEE_I = \frac{Q_{aq}}{A_p} \times F_{CI} \quad , \quad (2.3)$$

$$IEE_V = \frac{Q_{arr}}{A_p} \times F_{CV} \quad , \quad (2.4)$$

Em que:

$Q_{aq}$  - Consumo de energia de aquecimento (kgep/ano)

$F_{CI}$  - Fator de correção do consumo de energia de aquecimento

$Q_{arr}$  - Consumo de energia de arrefecimento (kgep/ano)

$F_{CV}$  - Fator de correção do consumo de energia de arrefecimento

Os fatores de correção  $F_{CI}$  e  $F_{CV}$  são calculados tendo em conta a região climática de referência, I1 - V1 Norte, 1000 graus dia de aquecimento e 160 dias de duração da estação de aquecimento. Estes fatores têm em conta as diferenças de necessidades de aquecimento ou arrefecimento derivadas da severidade do clima, corrigidas pelo grau de exigência na qualidade da envolvente aplicável a cada zona climática, mesmo que o edifício não esteja sujeito às exigências do RCCTE [21]. A correção é feita da seguinte maneira:

i. Correção da energia de aquecimento ( $F_{CI}$ )

$$F_{CI} = \frac{N_{I1}}{N_{Ii}} \quad , \quad (2.5)$$

Em que:

$N_{I1}$  - Necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, como se estivesse localizado na zona de referência I1-V1 Norte (kWh/m<sup>2</sup>.ano),

$N_{Ii}$  - Necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, na zona onde está localizado o edifício (kWh/m<sup>2</sup>.ano).

ii. Correção da energia de arrefecimento ( $F_{CV}$ )

$$F_{CV} = \frac{N_{V1}}{N_{Vi}} \quad , \quad (2.6)$$

Em que:

$N_{V1}$  - Necessidades máximas de arrefecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, como se estivesse localizado na zona de referência I1-V1 Norte ( $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{ano}$ ),

$N_{Vi}$  - Necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo, na zona onde está localizado o edifício ( $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{ano}$ ) [21].

O parâmetro S corresponde à soma dos consumos específicos para aquecimento, arrefecimento e iluminação, conforme determinados na simulação dinâmica que deu origem aos valores limites de referência para edifícios novos que constam no regulamento. Estes valores encontram-se tabelados por tipologia e fazem parte do Anexo IV do Despacho n.º 10250/2008 [22].

**Tabela 2.3 - Valores do parâmetro S.**

<b>Perfil Dinâmico</b>		
<b>Tipologia</b>	<b>Aquecimento + Arrefecimento</b>	<b>Só Aquecimento</b>
Hipermercados	58	49
Supermercados	30	23
Pequenas Lojas	26	21
Restaurantes	33	31
Pronto a Comer	52	31
Escritórios	15	12
<b>Perfil Estático</b>		
<b>Espaço</b>	<b>Nº horas de utilização/dia</b>	<b>S</b>
Estacionamento	10 (segunda a sexta)	4
	9 (todos os dias)	5
	> 10 (todos os dias)	6
Cozinhas	6 (segunda a sexta)	5
	8 (segunda a sexta)	9
	6 (todos os dias)	10
Armazéns	7 (todos os dias)	5
	9 (todos os dias)	7

Para efeitos de verificação regulamentar e classificação energética dos edifícios ou frações de edifício, existem diferentes tipos de IEE, indicados na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 - Tipos de Indicador de Eficiência Energética [20].

Tipo IEE	Designação	Como se determina?	Para que serve?
$IEE_{real, facturas}$	IEE real obtido pelas facturas	Por análise simples das faturas energéticas (últimos 3 anos de registos), sem correção climática	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificação simplificada do cumprimento do requisito energético em edifícios existentes e da necessidade ou não de um PRE</li> </ul>
$IEE_{real, simulação}$	IEE real obtido por simulação	Por simulação dinâmica, utilizando os perfis reais previstos ou determinados em auditoria, com correção climática	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para efeitos da 1ª auditoria de edifícios novos (ao fim do terceiro ano de funcionamento)</li> <li>• Verificação detalhada do cumprimento do requisito energético em edifícios existentes e da necessidade ou não de um PRE</li> </ul>
$IEE_{nom}$	IEE nominal	Por simulação dinâmica em condições nominais, utilizando os perfis padrão do Anexo XV, com correção climática	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificação do cumprimento do requisito energético em edifícios novos</li> <li>• Classificação energética do edifício (tanto novos como existentes)</li> <li>• Verificação detalhada do cumprimento do requisito energético em edifícios existentes e da necessidade ou não de um PRE</li> </ul>
$IEE_{ref, novo}$	IEE de referência limite para edifícios novos	Definido no Anexo XI do Regulamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificação do cumprimento do requisito energético em edifícios novos</li> <li>• Referência para classificação energética (aplicável a edifícios novos e existentes)</li> </ul>
$IEE_{ref, existente}$	IEE de referência limite para edifícios existentes	Definido no Anexo X do Regulamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificação simplificada e detalhada do cumprimento do requisito energético em edifícios existentes e da necessidade ou não de um PRE</li> </ul>

Os indicadores de referência são indicadores definidos no Decreto-Lei n.º 79/2006, nos Anexos X e XI. No caso dos edifícios existentes, os valores dos IEE de referência para as diferentes tipologias foram obtidos com base em dados estatísticos do consumo de energia em edifícios que resultaram de um inquérito promovido pela Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) (Tabela 2.5). No caso de edifícios novos (Tabelas 2.6 e 2.7), o cálculo dos IEE de referência para as diferentes tipologias foi resultante de simulações dinâmicas de edifícios, que permitiram definir a estrutura dos consumos desagregada pelos usos finais, em função dos padrões nominais de referência de utilização das diferentes tipologias, que se encontram no Anexo XV do RSECE.

**Tabela 2.5** - Valores limite dos consumos globais específicos de algumas tipologias dos edifícios de serviços existentes [21].

Tipo de Actividade	Tipologia do Edifício	IEE (kgep/m <sup>2</sup> .ano)
Comercial	Hipermercados	255
	Supermercados	150
	Pequenas Lojas	75
Serviço de Refeições	Restaurantes	170
	Pronto a Comer	210
Serviços	Escritórios	40

**Tabela 2.6** - Valores de referência limite dos consumos nominais específicos de algumas tipologias dos novos edifícios de serviços [21].

Tipo de Actividade	Tipologia do Edifício	Aquecimento e Arrefecimento	Aquecimento
		IEE (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	IEE (kgep/m <sup>2</sup> .ano)
Comercial	Hipermercados	110	93
	Supermercados	70	55
	Pequenas Lojas	35	31
Serviço de Refeições	Restaurantes	120	120
	Pronto a Comer	170	159
Serviços	Escritórios	35	30

**Tabela 2.7** - Valores de referência limite dos consumos nominais específicos de alguns espaços complementares dos novos edifícios de serviços [21].

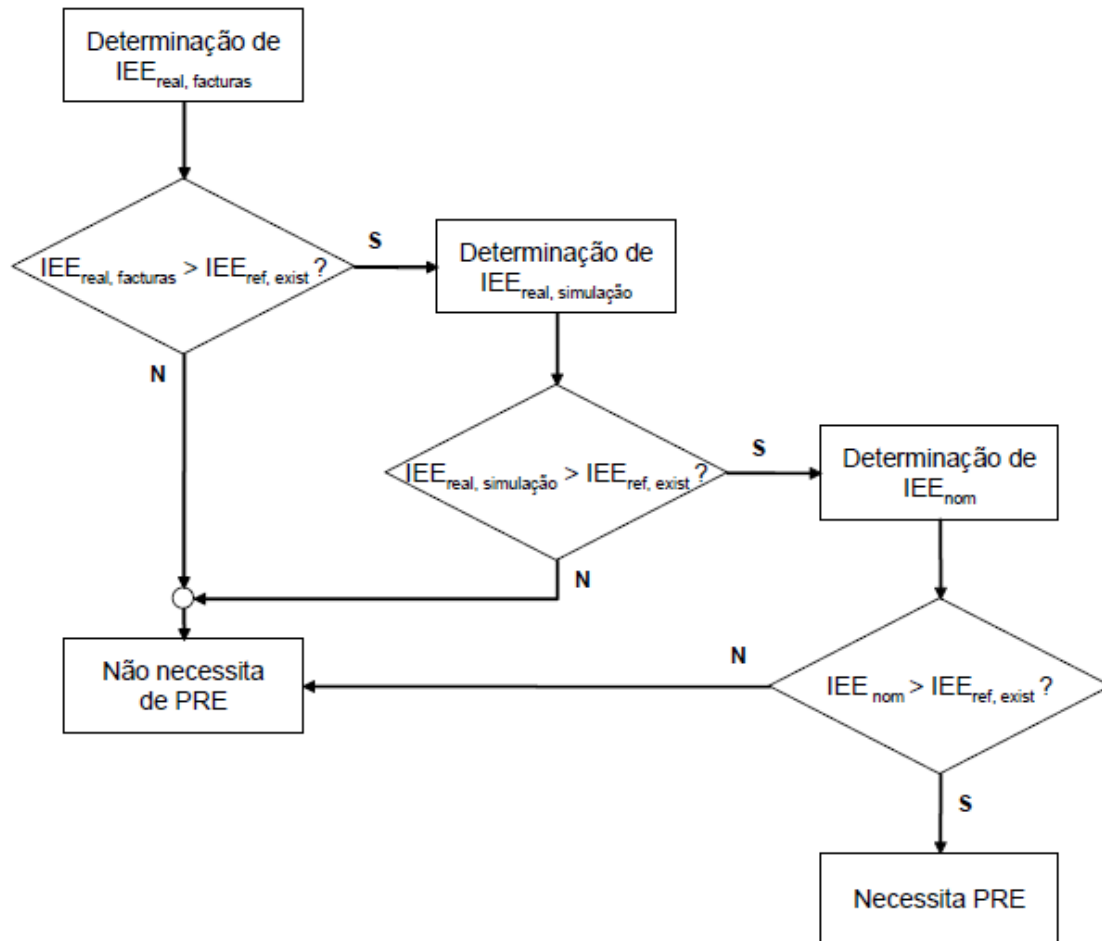
Tipo de Actividade	Tipo de Espaço	Perfil de Utilização	IEE (kgep/m <sup>2</sup> .ano)
Espaços Complementares	Estacionamento	10 horas/dia (segunda a sexta)	12
		9 horas/dia (todos os dias)	15
		10 a 12 horas/dia (todos os dias)	19
	Cozinhas	6 horas/dia (segunda a sexta)	121
		8 horas/dia (segunda a sexta)	159
		6 horas/dia (todos os dias)	174
	Armazéns	7 horas/dia (todos os dias)	15
		9 horas/dia (todos os dias)	19

## 2.2. Plano de Racionalização Energética

O Plano de Racionalização Energética (PRE) é um conjunto de medidas de racionalização de energia que visam a redução dos consumos de um edifício ou os custos de energia do mesmo [20]. Ao longo do desenvolvimento de um processo de certificação de um edifício é necessário determinar diversos indicadores de eficiência energética, conforme foi possível verificar nas secções anteriores. Este processo deve ser feito em paralelo com o estudo do



edifício. O fluxograma da Figura 2.1 exemplifica cada etapa do processo de verificação da necessidade de elaboração de um PRE.



**Figura 2.1** - Fluxograma do processo de verificação da necessidade de Plano de Racionalização Energética [20].

#### i. Determinação do $IEE_{real, facturas}$

Para a determinação do  $IEE_{real, facturas}$  é necessário conhecer o consumo anual do edifício mediante análise das suas faturas. Esta verificação não necessita de qualquer processo de simulação dos edifícios, sendo apenas necessário conhecer o seu IEE de referência de edifícios existentes da mesma tipologia [21].

$$IEE_{real,faturas} = \frac{\text{Consumo Total das Faturas} \times \text{Fator de Conversão}}{A_p} \text{ (kgep/m}^2\text{.ano)}, \quad (2.7)$$

Se se verificar que  $IEE_{real,faturas} > IEE_{ref,existente}$ , é necessário prosseguir com a verificação. Caso contrário, o edifício não necessita da elaboração de um Plano de Racionalização Energética.

#### ii. Determinação do $IEE_{real,simulação}$

O  $IEE_{real,simulação}$  é obtido através da simulação do edifício nas suas condições reais. À semelhança do que é realizado para a simulação nominal, este indicador é determinado através dos consumos do edifício e dos fatores de correção de aquecimento e de arrefecimento:

$$IEE_{real,simulação} = \frac{IEE_{aq} + IEE_{arr} + Q_{out}}{A_p} = \frac{Q_{aq} \times FC_i + Q_{arr} \times FC_v + Q_{out}}{A_p} \text{ (kgep/m}^2\text{.ano)}, \quad (2.8)$$

Verificando-se que  $IEE_{real,simulação} > IEE_{ref,existente}$ , continua-se com a verificação. Sendo o  $IEE_{real,simulação} < IEE_{ref,existente}$ , o edifício não necessita de um Plano de Racionalização Energética.

#### iii. Determinação do $IEE_{nom}$

O  $IEE_{nom}$  é obtido através da simulação do edifício nas suas condições nominais, seguindo todo o processo que será descrito no Capítulo 3 desta dissertação, no caso apresentado. Novamente, é comparado este valor com o IEE de referência dos edifícios existentes, e verificando-se que  $IEE_{nom} > IEE_{ref,existente}$ , então é necessário elaborar um Plano de Racionalização Energética. Se, por outro lado, o  $IEE_{nom} < IEE_{ref,existente}$ , não se verificam as condições para ser necessário a sua elaboração.

### 2.2.1. Conteúdo de um Plano de Racionalização Energética

Apesar de, ao contrário de um Certificado Energético, não existir um formato pré-definido pela DGEG para a elaboração de um Plano de Racionalização Energética, há alguns aspetos que devem ser considerados [20]:

- i. A submissão do PRE deve ocorrer num prazo de três meses após a data da auditoria energética ou da emissão do certificado provisório com a marca de água “Aguarda aprovação de PRE”;
- ii. As medidas propostas têm que ter implementação prevista num prazo de três anos após a auditoria ou emissão do certificado;
- iii. As medidas que apresentem um período de retorno simples de menor ou igual a 8 anos, são de execução obrigatória.

A viabilidade económica das medidas de eficiência energética, que integram o PRE, é calculada através do Período de Retorno Simples (PRS) [21]:

$$PRS = \frac{C_a}{P_1} \text{ (anos) } , \quad (2.9)$$

Em que:

$C_a$  - Custo adicional de investimento, calculado pela diferença entre o custo inicial da solução base e o da solução mais eficiente (euros);

$P_1$  - Poupança anual resultante da aplicação da alternativa mais eficiente, estimada com base em simulações anuais do funcionamento do edifício e dos seus sistemas energéticos, em função da sua tipologia e área útil (euros).

Apesar de não estar definido um formato próprio para o PRE, é recomendado que o mesmo contenha as seguintes informações:

- i. Identificação completa do edifício e a sua localização;
- ii. Identificação e contactos do proprietário do edifício;
- iii. Identificação do perito qualificado que realizou a auditoria;
- iv. Cópia do certificado energético e da qualidade do ar interior, na versão que indica a necessidade de aprovação do PRE;
- v. Cópia do relatório de auditoria que identificou a necessidade de PRE, com identificação do perito qualificado do SCE que realizou o trabalho;
- vi. Medidas de racionalização propostas com indicação de:
  - a. Descrição da medida, com indicação da situação a corrigir e das soluções propostas para o efeito;
  - b. Identificação dos trabalhos a realizar, incluindo materiais/equipamentos a substituir e/ou instalar;
  - c. Prazos de execução dos trabalhos, incluindo cronograma das actividades a serem executadas e respectivo prazo de execução;
- vii. Identificação do técnico responsável pelo funcionamento do edifício;
- viii. Identificação dos técnicos de instalação e manutenção de sistemas de climatização.

### 2.2.2. Exemplos de medidas de racionalização energética

No ato da auditoria, o perito qualificado deve ter em atenção o indicador de eficiência energética de referência do edifício que audita e promover medidas que conduzam a uma redução efetiva dos consumos de energia. A ADENE [10], nas suas Perguntas e Respostas [20], enumera algumas que recomenda, embora devam ser analisadas caso a caso:

- i. Utilização de energias renováveis, como é o caso da energia solar térmica, para produção de águas quentes sanitárias ou para produção de eletricidade;
- ii. Melhorias da envolvente ao nível do isolamento térmico das paredes e coberturas;
- iii. Melhorias nos vãos envidraçados em termos de caixilharias, sombreamentos fixos ou móveis, proteções solares;
- iv. Melhorias ao nível do isolamento térmico dos equipamentos, depósitos, tubagens e condutas;
- v. Recurso a ventilação natural nos períodos favoráveis;
- vi. Controlo de ar novo em função da ocupação;
- vii. Utilização de lâmpadas de baixo consumo;
- viii. Controlo de iluminação em função da luz natural e da ocupação;
- ix. Monitorização de temperaturas, caudais, estados de filtros e de funcionamento de equipamentos;
- x. Limitação de temperaturas ambientais interiores a níveis considerados económicos de utilização;
- xi. Redução dos períodos de funcionamento das instalações de produção de frio ou calor, sem inibição do sistema de ventilação;
- xii. Redução dos consumos elétricos associados aos equipamentos com maior utilização.

## 2.3. Caracterização das Lojas de Retalho

O setor das Lojas de Retalho alimentar, apesar de servir o mesmo propósito, tem algumas diferenças entre as tipologias existentes, hipermercados e supermercados, que não se resume somente à área dos edifícios. Neste ponto iremos apresentar essas diferenças, quer em termos de legislação associada à certificação energética, quer em termos de estrutura dos mesmos.

### 2.3.1. Tipologias de Lojas de Retalho Alimentar

O setor das Lojas de Retalho é distinguido, em termos do RSECE, em duas tipologias distintas: Supermercados e Hipermercados (Figuras 2.2 e 2.3, respectivamente). Segundo o Decreto-Lei n.º 21/2009, o formato de estabelecimento do ramo alimentar ou misto é determinado de acordo com a área de vendas, sendo que:

- i. Para uma área de vendas inferior a 400 m<sup>2</sup> - minimercado ou pequeno supermercado;

- ii. Para uma área de vendas igual ou maior que 400 m<sup>2</sup> e menor que 2000 m<sup>2</sup> - supermercado;
- iii. Para uma área de vendas igual ou maior que 2000 m<sup>2</sup> - hipermercado [23].

No entanto, nos termos do RSECE, não existe a tipologia minimercado ou pequeno supermercado, estando estes abrangidos pela tipologia supermercado. Em ambos os casos, supermercados e hipermercados, são considerados lojas de retalho de livre serviço, em que os clientes fazem as suas compras individualmente sem necessitar do auxílio de um funcionário da loja, excepto em situações de atendimento nas zonas de produtos perecíveis, como o talho, charcutaria, *take away*, peixaria, café e também no acto de pagamento.

Os supermercados são caracterizados por ter uma área compreendida entre os 400 m<sup>2</sup> e os 2000 m<sup>2</sup>, dispõem de uma grande variedade de produtos (alimentar, limpeza e higiene) a preços competitivos, e encontram-se localizados dentro das cidades e ao alcance rápido dos seus clientes. Os hipermercados são lojas mais complexas que os supermercados, semelhantes no tipo de serviço que prestam, mas com algumas diferenças:

- i. Área de vendas superior a 2000 m<sup>2</sup>;
- ii. Situados na periferia das cidades;
- iii. Abrangem todo o tipo de clientes;
- iv. Praticam uma política de preços baixos;
- v. Dispõem de uma grande oferta de produtos (alimentares e não alimentares), quer em termos de diversidade como de variedade;
- vi. Facilidades de estacionamento automóvel;
- vii. Podem incluir lojas de retalho especializado (equipamento e vestuário desportivo, eletrodomésticos e electrónica de consumo, equipamento informático, vestuário, construção, bricolage, etc.);
- viii. Horário de funcionamento mais alargado.

Relativamente à constituição dos mesmos, hipermercados e supermercados não diferem muito relativamente aos espaços que os constituem, sendo a principal diferença a área dos mesmos. Regra geral são constituídos por área de vendas livre serviço, zonas de atendimento personalizado (talho, charcutaria, peixaria), instalações sanitárias de clientes, instalações sanitárias de funcionários, vestiários, gabinetes administrativos, gabinete médico, sala de reuniões, zonas técnicas, arrumos, armazém, refeitório/sala de convívio, circulações (refrigeradas e não refrigeradas), câmaras frigoríficas, áreas de apoio e preparação (refrigeradas e não refrigeradas), casa das máquinas e central de frio. Nos hipermercados também é usual haver portaria, sala de seguranças e salas de formação.



Figura 2.2 - Exemplo de Supermercado.



Figura 2.3 - Exemplo de Hipermercado.

### 2.3.1.1. Outras Tipologias

Os hipermercados geralmente são compostos por diversos espaços de tipologias diferentes, como é o caso do hipermercado-tipo analisado na presente dissertação. Nestes casos são assumidas outras tipologias para além da tipologia hipermercado, como por

exemplo escritórios, pequenas lojas e pronto a comer, cada uma com os seus próprios perfis nominais, definidos no Decreto-Lei n.º 79/2006.

### 2.3.2. Desagregação dos Principais Consumos Energéticos

Normalmente os supermercados e hipermercados dispõem de um sistema de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC). Neste aspecto, ambas as tipologias são constituídas por algumas zonas climatizadas, nomeadamente a área de vendas, alguns gabinetes e refeitório/sala de convívio. A climatização é normalmente assegurada por unidades do tipo mono-split ou multi-split, no caso dos gabinetes e refeitório/sala de convívio, e por unidades de Volume de Refrigerante Variável (VRV) ou do tipo Roof-Top para a área de vendas. O ar novo introduzido nos edifícios é normalmente proveniente de unidades recuperadoras de calor ou de unidades de tratamento de ar novo. Existem ainda diversos ventiladores de insuflação e extração que asseguram a circulação do ar. As zonas de preparação da padaria e charcutaria estão dotadas de um hotte a que estão também associados ventiladores de extração, devido ao odor derivado dos fornos de preparação de produtos, e ventiladores de insuflação para compensação do caudal de ar extraído da divisão em que se encontram. A entrada ao público está normalmente provida de uma cortina de ar que minimiza possíveis corrente de ar indesejáveis e trocas com ar exterior não tratado.

Os edifícios são também dotados de um sistema de Águas Quentes Sanitárias (AQS), normalmente compostos por termoacumuladores elétricos, que abastecem de água quente os balneários dos funcionários, podendo também haver termoacumuladores elétricos associados a zonas de lavagem das secções.

Os supermercados e hipermercados são edifícios dotados de uma elevada concentração de equipamentos de refrigeração, tais como câmaras frigoríficas, bancadas frigoríficas, expositores de refrigerados e de congelados. Para além da forte concentração de equipamentos, os mesmos necessitam de estar em funcionamento durante todo o dia, de modo a manter os produtos frescos ou congelados, conforme o tipo de equipamento. O consumo elétrico associado ao sistema de frio do edifício é responsável por cerca de 50% do consumo total de energia elétrica. Em termos de iluminação, as zonas de vendas, acessíveis ao público, são fortemente dotadas de iluminação, com grande foco nas zonas de frutas e legumes e nas secções de atendimento ao público (talho, peixaria, charcutaria e padaria).

De uma forma geral, os supermercados e os hipermercados são muito similares em termos de desagregação de consumos por tipo, sendo que o sistema de frio é o principal consumidor de energia elétrica, como pode ser observado nas Figuras 2.4 e 2.5.



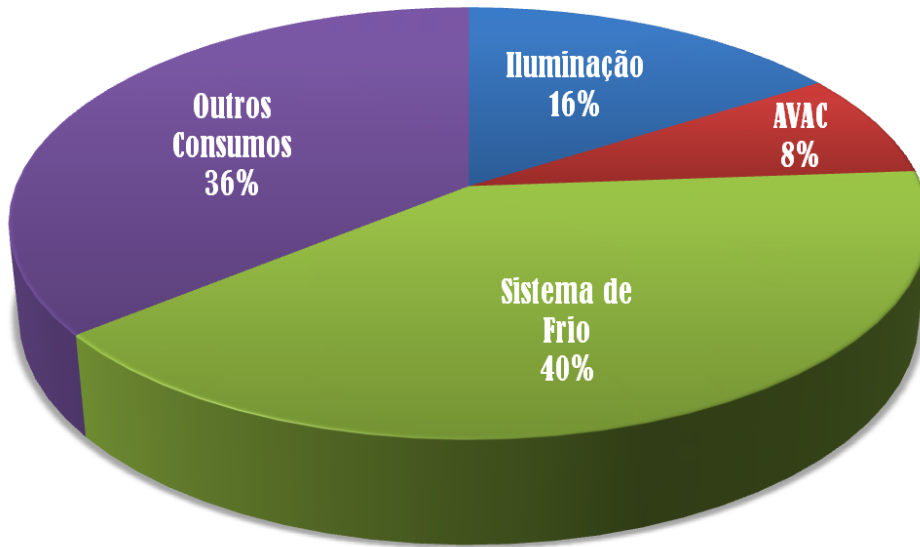


Figura 2.4 - Desagregação dos principais consumos de um supermercado tipo.

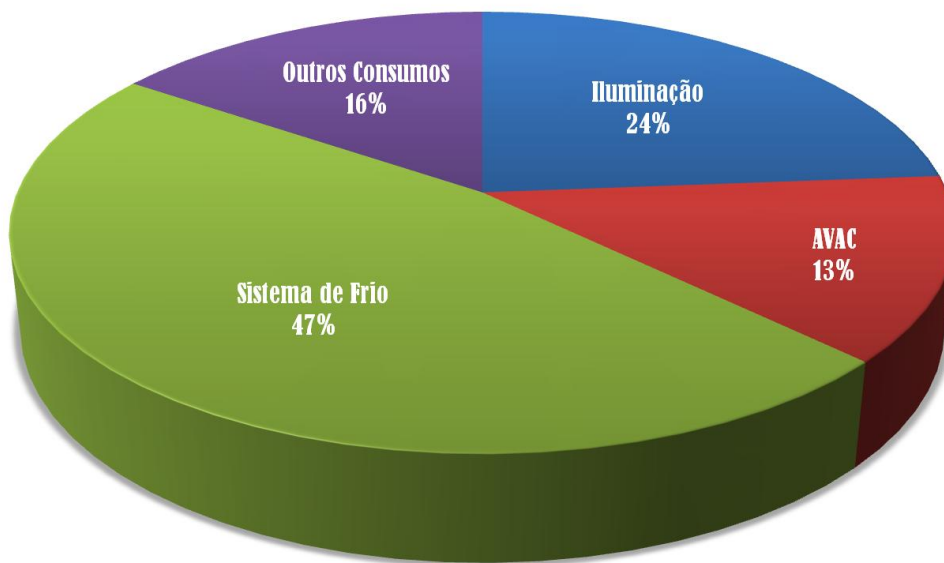


Figura 2.5 - Desagregação dos principais consumos de um hipermercado tipo.

### 2.3.3. Perfis Nominais das Tipologias Supermercado e Hipermercado

Segundo o n.º 1 do artigo 6º do Decreto-Lei n.º 79/2006, os requisitos energéticos são calculados na base de padrões nominais de utilização dos edifícios. Estes padrões podem, no entanto, ser modificados a título excepcional quando existir a necessidade de soluções específicas, desde que se explicitem as causas que justifiquem estas alterações, desde que aceites pela entidade licenciadora. Estes parâmetros para diferentes tipologias de edifício encontram-se definidos no Anexo XV do regulamento, nomeadamente perfis variáveis, perfis constantes e densidades de ocupação e equipamentos. A simulação do funcionamento de um edifício de acordo com os padrões de referência resulta num consumo nominal específico que traduz uma estimativa da energia utilizada para o funcionamento de um edifício durante um ano tipo, por unidade de área ou por unidade de serviço prestado [20].

A utilização de padrões nominais vai facilitar a comparação entre diferentes edifícios da mesma tipologia, reduzindo as variáveis que os distinguem, permitindo uma análise comparativa entre edifícios do mesmo tipo, baseada nos aspetos técnicos que se considera que mais podem afetar o consumo energético, como por exemplo as características do sistema de climatização, a densidade de iluminação, as características térmicas da envolvente, etc. [20].

Os perfis variáveis encontram-se distinguidos entre Ocupação, Iluminação e Equipamento. Os valores da densidade de ocupação e de equipamento são os definidos em Decreto-Lei, iguais para todos os espaços considerados úteis, enquanto os valores das densidades de iluminação são os reais, determinados aquando da auditoria energética realizada no local, diferentes de espaço para espaço. A estes perfis variáveis estão associados os padrões de referência que se encontram divididos em intervalos de uma hora e diferenciados em três períodos distintos, sendo eles:

- i. Segunda a Sexta;
- ii. Sábado;
- iii. Domingo.

De seguida serão apresentados os perfis nominais para as tipologias supermercado e hipermercado.

### 2.3.3.1. Perfis Constantes

Na Tabela 2.8 estão apresentados os valores das densidades e horas de funcionamento a utilizar em ambas as tipologias em análise. A iluminação exterior não tem uma densidade definida visto que não se trata de um espaço fechado. Neste ponto é apenas usado o valor da potência de iluminação exterior instalada no edifício, determinando o consumo para o número de horas indicado. Relativamente à loja, é estipulada uma densidade de 6 W/m<sup>2</sup> para o sistema de frio, em utilização durante 6280 horas. Para o cálculo do consumo associado ao sistema de frio no edifício é considerada apenas a área útil do mesmo. Relativamente aos espaços complementares, para ambas as tipologias apenas são considerados os armazéns e o estacionamento, quando este é interior. A densidade de iluminação considerada é a densidade de iluminação real dos espaços e o número de horas de funcionamento é o indicado na Tabela 2.9, escolhendo o mais aproximado ao real horário de funcionamento [21].

**Tabela 2.8** - Perfis constantes nos Supermercados e Hipermercados [21].

	Densidade	N.º Horas
<b>Iluminação Exterior</b>		5400
<b>Loja</b>		
Sistema de Frio	6 W/m <sup>2</sup>	6280
<b>Armazéns</b>		
Iluminação		Anexo XI
Equipamento	5 W/m <sup>2</sup>	Anexo XI
Ventilação	8 W/m <sup>2</sup>	Anexo XI
<b>Estacionamento</b>		
Iluminação		Anexo XI
Equipamento	2 W/m <sup>2</sup>	Anexo XI
Ventilação	8 W/m <sup>2</sup>	Anexo XI

**Tabela 2.9** - Perfis de utilização nos Supermercados e Hipermercados [21].

Tipo de Espaço	Perfil de Utilização
Armazéns	7 horas/dia (todos os dias)
	9 horas/dia (todos os dias)
Estacionamento	10 horas/dia (segunda a sexta)
	9 horas/dia (todos os dias)
	10 a 12 horas/dia (todos os dias)

### 2.3.3.2. Perfis Variáveis

Ao contrário dos perfis constantes, os perfis variáveis são distintos para cada uma das tipologias. A densidade de iluminação, como nos perfis constantes, é a densidade real de cada espaço. Quanto às densidades de ocupação e equipamento, encontram-se definidos no Decreto-Lei n.º 79/2006 os valores indicados na tabela 2.10.

**Tabela 2.10** - Perfis de utilização nos Supermercados e Hipermercados [21].

	Densidades	
	Hipermercado	Supermercado
Ocupação	5 m <sup>2</sup> /Ocupante	5 m <sup>2</sup> /Ocupante
Iluminação	-	-
Equipamento	13 W/m <sup>2</sup>	9 W/m <sup>2</sup>

Os padrões de referência de ocupação, iluminação e equipamento, são também diferentes para cada uma das tipologias. É importante reter que, à data do Decreto-Lei N.º 79/2006, 4 de Abril, a legislação portuguesa não permitia que os hipermercados estivessem abertos ao público aos domingos e feriados, a partir das 13 horas, como é possível evidenciar nos padrões de referência apresentados abaixo.

#### i. Ocupação

Relativamente à ocupação, a percentagem de ocupação dos Hipermercados e Supermercados apenas diferem nos domingos e feriados. Nos hipermercados, a ocupação entre as 13 e as 15 horas devem-se a alguns clientes que finalizam o seu pagamento, e aos funcionários que procedem à reposição de produtos nas prateleiras e actividades de limpeza da loja, sendo que a partir das 15 horas, a mesma encontra-se vazia. Nos supermercados, o mesmo já não sucede, visto que as lojas encontram-se abertas ao público durante a tarde, sendo este o período de maior afluência, igual, em termos de padrão, aos sábados. Para qualquer uma das tipologias, o período de maior afluência durante a semana, corresponde à hora de almoço e ao final da tarde, devem-se à maior disponibilidade dos seus clientes a essas horas (almoço e pós-laboral).

Tabela 2.11 - Perfis variáveis de ocupação nos Hipermercados [21].

% de Ocupação			
Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados
0h à 1h	0	0	0
1h às 2h	0	0	0
2h às 3h	0	0	0
3h às 4h	0	0	0
4h às 5h	0	0	0
5h às 6h	0	0	0
6h às 7h	10	10	5
7h às 8h	15	15	15
8h às 9h	35	35	90
9h às 10h	50	50	95
10h às 11h	65	70	100
11h às 12h	75	85	100
12h às 13h	95	95	85
13h às 14h	95	100	35
14h às 15h	75	100	5
15h às 16h	60	100	0
16h às 17h	60	100	0
17h às 18h	80	100	0
18h às 19h	95	100	0
19h às 20h	100	95	0
20h às 21h	100	80	0
21h às 22h	100	65	0
22h às 23h	75	20	0
23h às 24h	30	10	0

Tabela 2.12 - Perfis variáveis de ocupação nos Supermercados [21].

% de Ocupação			
Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados
0h à 1h	0	0	0
1h às 2h	0	0	0
2h às 3h	0	0	0
3h às 4h	0	0	0
4h às 5h	0	0	0
5h às 6h	0	0	0
6h às 7h	10	10	10
7h às 8h	15	15	15
8h às 9h	35	35	35
9h às 10h	50	50	50
10h às 11h	65	70	70
11h às 12h	75	85	85
12h às 13h	95	95	95
13h às 14h	95	100	100
14h às 15h	75	100	100
15h às 16h	60	100	100
16h às 17h	60	100	100
17h às 18h	80	100	100
18h às 19h	95	100	100
19h às 20h	100	95	95
20h às 21h	100	80	80
21h às 22h	100	65	65
22h às 23h	75	20	20
23h às 24h	30	10	10

## ii. Equipamentos

Quanto aos equipamentos, o mesmo acontece nos hipermercados aos domingos e feriados, após as 13 horas. Embora a percentagem de equipamentos não seja nula, como acontece com a percentagem de ocupação, o seu valor é muito inferior ao observado para os restantes dias da semana. Para os restantes períodos, o perfil é exactamente igual, para qualquer das tipologias, independentemente do dia. É observável que os períodos que antecedem a abertura das lojas são onde se verificam os valores mais elevados, pois corresponde ao período em que são preparados os produtos perecíveis para exposição, ou, por exemplo, confeccionado o pão diário. Devido à maior densidade de equipamentos nos hipermercados, um mesmo perfil vai resultar em maiores consumos.

**Tabela 2.13** - Perfis variáveis de equipamentos nos Hipermercados [21].

% de Equipamento			
Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados
0h à 1h	15	15	15
1h às 2h	15	15	15
2h às 3h	15	15	15
3h às 4h	15	15	15
4h às 5h	15	15	15
5h às 6h	90	90	90
6h às 7h	100	100	100
7h às 8h	85	85	85
8h às 9h	95	95	95
9h às 10h	65	65	65
10h às 11h	75	75	75
11h às 12h	70	70	70
12h às 13h	40	40	40
13h às 14h	45	45	15
14h às 15h	45	45	15
15h às 16h	45	45	15
16h às 17h	60	60	15
17h às 18h	55	55	15
18h às 19h	45	45	15
19h às 20h	50	50	15
20h às 21h	45	45	15
21h às 22h	40	40	15
22h às 23h	35	35	15
23h às 24h	35	35	15

Tabela 2.14 - Perfis variáveis de equipamentos nos Supermercados [21].

% de Equipamento			
Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados
0h à 1h	15	15	15
1h às 2h	15	15	15
2h às 3h	15	15	15
3h às 4h	15	15	15
4h às 5h	15	15	15
5h às 6h	95	95	95
6h às 7h	100	100	100
7h às 8h	85	85	85
8h às 9h	95	95	95
9h às 10h	65	65	65
10h às 11h	75	75	75
11h às 12h	70	70	70
12h às 13h	40	40	40
13h às 14h	45	45	45
14h às 15h	45	45	45
15h às 16h	45	45	45
16h às 17h	60	60	60
17h às 18h	55	55	55
18h às 19h	45	45	45
19h às 20h	50	50	50
20h às 21h	45	45	45
21h às 22h	40	40	40
22h às 23h	15	15	15
23h às 24h	15	15	15

### iii. Iluminação

Na iluminação acontece o mesmo que nos equipamentos. Verifica-se um decréscimo na iluminação após as 13 horas, nos hipermercados, aos domingos e feriados, sendo que nos restantes períodos não há qualquer distinção, quer entre tipologias, quer entre cada dia. A utilização de iluminação numa superfície de venda a retalho é bastante uniforme ao longo do período de abertura ao público, pretendendo-se que os espaços e os produtos se mantenham bem iluminados.

Tabela 2.15 - Perfis variáveis de iluminação nos Hipermercados [21].

% de Iluminação			
Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados
0h à 1h	15	15	15
1h às 2h	15	15	15
2h às 3h	15	15	15
3h às 4h	15	15	15
4h às 5h	15	15	15
5h às 6h	15	15	15
6h às 7h	70	70	70
7h às 8h	75	75	75
8h às 9h	90	90	90
9h às 10h	90	90	90
10h às 11h	90	90	90
11h às 12h	90	90	90
12h às 13h	90	90	90
13h às 14h	90	90	90
14h às 15h	90	90	15
15h às 16h	90	90	15
16h às 17h	90	90	15
17h às 18h	90	90	15
18h às 19h	100	100	15
19h às 20h	100	100	15
20h às 21h	100	100	15
21h às 22h	100	100	15
22h às 23h	100	100	15
23h às 24h	15	15	15

Tabela 2.16 - Perfis variáveis de iluminação nos Supermercados [21].

% de Iluminação			
Horas	Segunda a Sexta	Sábados	Domingos e Feriados
0h à 1h	15	15	15
1h às 2h	15	15	15
2h às 3h	15	15	15
3h às 4h	15	15	15
4h às 5h	15	15	15
5h às 6h	15	15	15
6h às 7h	35	35	35
7h às 8h	70	70	70
8h às 9h	75	75	75
9h às 10h	90	90	90
10h às 11h	90	90	90
11h às 12h	90	90	90
12h às 13h	90	90	90
13h às 14h	90	90	90
14h às 15h	90	90	90
15h às 16h	90	90	90
16h às 17h	90	90	90
17h às 18h	90	90	90
18h às 19h	100	100	100
19h às 20h	100	100	100
20h às 21h	100	100	100
21h às 22h	100	100	100
22h às 23h	15	15	15
23h às 24h	15	15	15



## 2.4. Resumo

Concluindo, relativamente aos perfis utilizados na certificação energética, não há grande distinção entre os supermercados e os hipermercados. Quanto aos seus consumos, conseguimos perceber que o sistema de frio e a iluminação são, de facto, as principais fontes de consumo de energia elétrica de uma loja de retalho, independentemente da tipologia da mesma. O sistema de frio pela constante necessidade de manter as câmaras frigoríficas e expositores refrigerados a uma temperatura constante de conservação, sendo isto mais evidente nos hipermercados, em que a quantidade de câmaras frigoríficas e expositores refrigerados é superior, assim como a densidade de ocupação da zona de vendas, dado o maior número de clientes, o que leva a que haja mais produtos a serem retirados e repostos nos expositores refrigerados (e conseqüentemente das câmaras frigoríficas), originando diferenças de temperatura que têm que ser repostas o mais rapidamente possível. Analisando os perfis de iluminação, também é perceptível que a iluminação é uma fatia importante do bolo, visto que se encontra praticamente em utilização máxima durante o horário de funcionamento dos espaços.



## Capítulo 3

# Simulação Dinâmica e Caracterização de Supermercado Tipo

Neste capítulo serão identificados os procedimentos que antecedem o processo da simulação dinâmica de um edifício e em que é que esta consiste, apresentando-se posteriormente os passos para a caracterização do mesmo no software *Design Builder*.

### 3.1. Simulação Dinâmica de Edifícios no Âmbito da Certificação Energética

A simulação dinâmica é um método de análise computacional do perfil e do desempenho energético de edifícios, que permite avaliar, quantitativamente, os seus potenciais consumos de energia e dos seus sistemas, para determinadas condições de utilização e funcionamento. Através desta simulação é possível determinar as necessidades de aquecimento e arrefecimento de um edifício, os seus ganhos internos provenientes da sua utilização e dos elementos exteriores, perdas pela envolvente, a desagregação de consumos, etc. É uma ferramenta que permite ensaiar diferentes soluções de projeto de iluminação, climatização ou construção, estudar alternativas na operação e gestão de funcionamento do edifício, estudar potenciais medidas de melhoria e, no âmbito da certificação energética, determinar o indicador de eficiência energética [20].

Previamente à simulação dinâmica do edifício é necessário realizar um levantamento de campo, do edifício ou fração, do ponto de vista da envolvente, dos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado, iluminação e equipamentos existentes, equipamentos de águas

quentes sanitárias, ocupações dos espaços, perfis de ocupação e de utilização dos espaços e equipamentos, entre outros aspetos que poderão ter relevância para a simulação do modelo. De igual modo, é necessário analisar as faturas de eletricidade dos três anos anteriores à análise do edifício, assim como realizar, sempre que possível, medições dos principais quadros elétricos do edifício.

A simulação dinâmica de um edifício ou fração pode ser realizada seguindo duas vertentes:

### i. Simulação Real

A simulação real tem como objectivo a calibração do modelo computacional através da comparação dos consumos obtidos através da simulação dinâmica com os consumos energéticos reais, obtidos através das faturas ou através das medições previamente realizadas, sendo que a diferença entre os consumos reais e os consumos obtidos por simulação, não pode ser superior a 10%. Para obter uma calibração precisa do modelo é necessário que o levantamento de campo seja o mais exaustivo possível de modo a minimizar estas variações, tornando o modelo o mais realista possível.

### ii. Simulação Nominal

Após a correta validação do modelo de simulação real é necessário proceder à simulação em condições nominais, mantendo relativamente à simulação real, os aspetos reais dos edifícios, como é o caso das características da envolvente, densidades de iluminação e sistemas de climatização, substituindo os perfis de utilização de equipamentos, ocupação e iluminação, pelos impostos pelo regulamento para cada tipologia do espaço, indicados no Capítulo 2 desta dissertação, assim como as respetivas densidades de ocupação e equipamentos, temperaturas de conforto e caudais de ar novo. É com a simulação nominal que são obtidos os indicadores de eficiência energética acima referidos, que vão permitir determinar a classificação energética do edifício.

O fluxograma da Figura 3.1 exemplifica as várias etapas do processo. Para realizar a simulação dinâmica é necessário usar um programa de simulação detalhada que seja acreditado pela norma ASHRAE 140-2004 [24], que especifica os procedimentos de teste para avaliação das capacidades técnicas e intervalos de aplicação dos programas que calculam o desempenho térmico dos edifícios e dos seus sistemas de AVAC [20]. No âmbito deste trabalho o software utilizado será o *Energy Plus*, um dos programas abrangidos pela norma, sob o

interface *Design Builder*, que possibilita a criação do modelo tridimensional dos edifícios e a definição dos diversos parâmetros de uma forma mais simples e intuitiva [25].

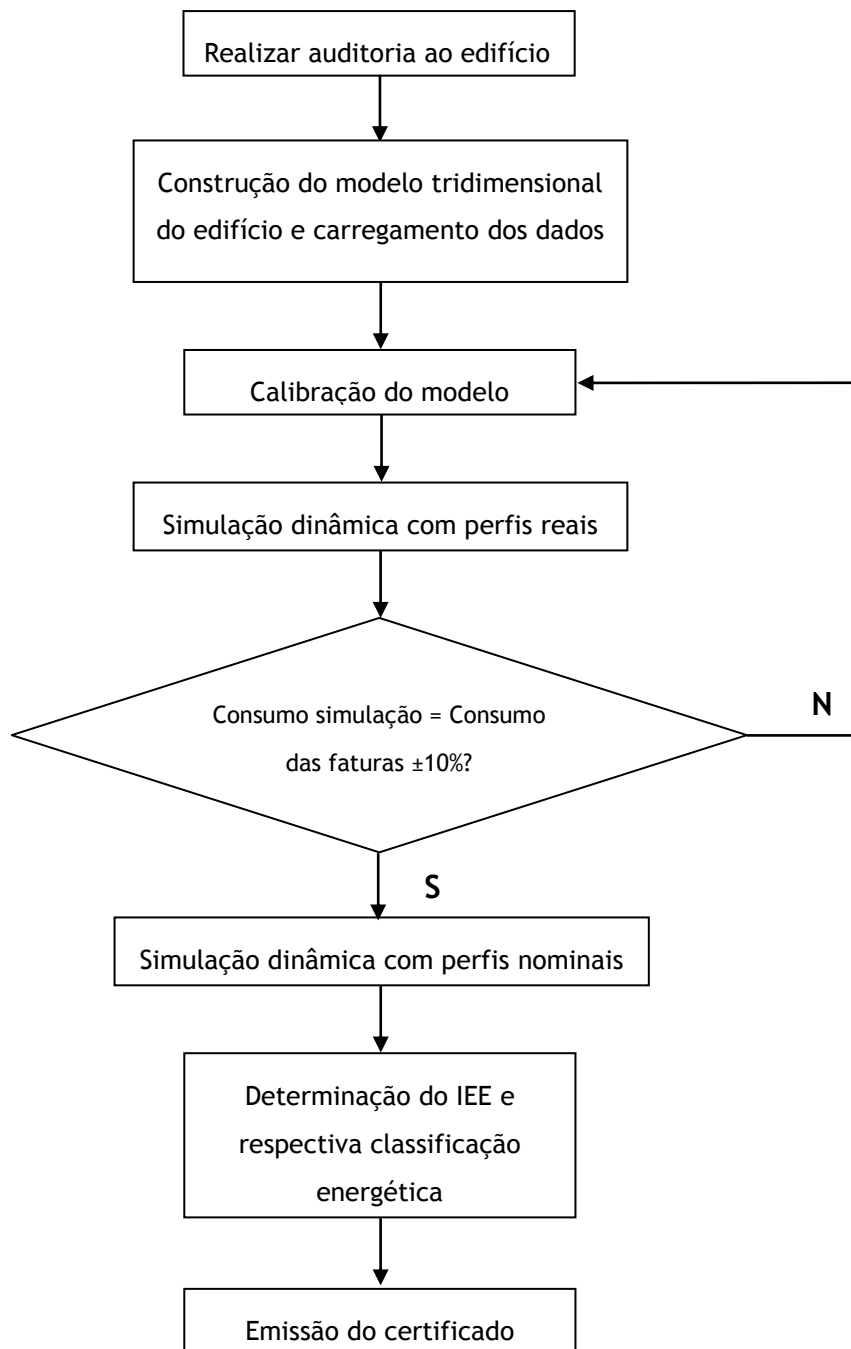


Figura 3.1 - Fluxograma do processo de emissão de um certificado energético.

### 3.2. Modelação de Edifícios no “*Design Builder*”

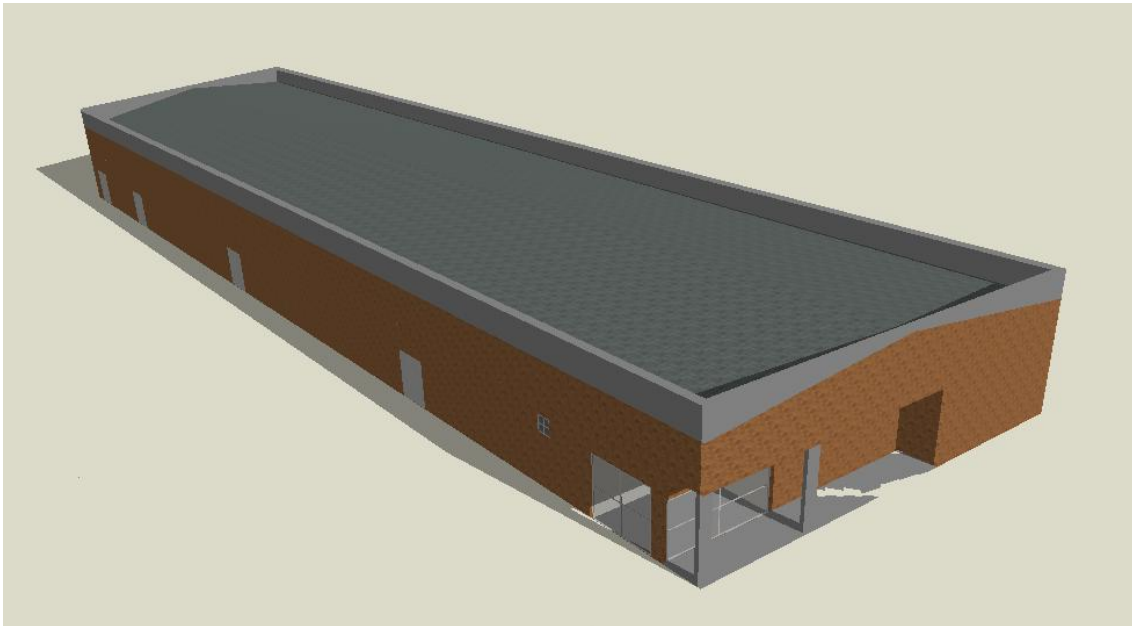
Em termos de simulação será necessário realizar primeiramente uma simulação nas condições reais do edifício, e apenas após a verificação de que os consumos obtidos por simulação e os consumos reais do edifício obtidos por via de medições energéticas ou através das faturas de eletricidade e/ou gás não variam em mais do que 10%, é realizada a simulação do edifício nas suas condições nominais, com os perfis nominais de simulação. O processo de simulação é, essencialmente, composto por duas fases. Numa primeira fase é criado o modelo de simulação, caracterizado pela construção tridimensional do edifício e definição das suas características (localização, envolvente, densidades, sistemas de AVAC, perfis, etc.) e numa segunda fase é realizado o processo de cálculo, pela qual é responsável o *Energy Plus*.

Inicialmente é definida a localização do edifício através das suas coordenadas geográficas, indicando também a altura acima do nível do mar a que se encontra, o tipo de exposição ao vento e a orientação do mesmo em relação ao norte (Figura 3.2).

Location Template	
Template	<b>GONDOMAR</b>
Site Location	
Latitude (°)	41.12
Longitude (°)	-8.50
Site Details	
Elevation above sea level (m)	<b>80.0</b>
Exposure to wind	2-Normal
Site orientation (°)	97

Figura 3.2 - Definição da localização do edifício.

Para além da localização geográfica é necessário indicar os dados climáticos da zona em que o edifício se situa. De seguida é criado o edifício propriamente dito. A interface *Design Builder* permite a importação de plantas o que facilita a construção do mesmo e que é complementada com o levantamento dimensional realizado no local. Na construção do edifício é possível caracterizar tanto os aspetos construtivos como definir os sombreamentos que o afetam, quer seja devido a edifícios circundantes, quer devido a obstruções físicas do próprio edifício, como por exemplo, palas, como pode ser observado na Figura 3.3.



**Figura 3.3** - Construção tridimensional do supermercado.

#### i. Atividade dos Espaços

De seguida é definida a atividade de cada um dos espaços, em que podemos indicar a sua densidade de ocupação e a densidade de equipamentos e associar a cada uma delas um perfil de ocupação e de equipamentos, respetivamente (Figura 3.4). As densidades são calculadas da seguinte forma:

$$\text{Densidade de Ocupação} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ Ocupantes}}{\text{Área}} \text{ (Ocupantes/m}^2\text{)} \quad , \quad (3.1)$$

$$\text{Densidade de Equipamento} = \frac{\text{Potência Total}}{\text{Área}} \text{ (W/m}^2\text{)} \quad , \quad (3.2)$$

Activity Template	
<b>Template</b>	<b>PR173 - REAL PD SÃO PEDRO DA COVA</b>
Sector	General
Zone multiplier	1
<input checked="" type="checkbox"/> Include zone	
Occupancy	
Density (people/m2)	0.0000
Schedule	PR173 - OCUPAÇÃO REAL
Metabolic	>>
Holidays	>>
DHW	>>
Environmental Control	>>
Computers	>>
Office Equipment	>>
<input checked="" type="checkbox"/> On	
Gain (W/m2)	0.00
Schedule	PR173 - EQUIPAMENTO REAL PD SÃO PEDRO DA CO
Radiant fraction	0.200

Figura 3.4 - Caracterização da atividade de um espaço.

No caso da simulação nominal do edifício, as densidades utilizadas são aquelas que foram referidas no capítulo 2, com os perfis nominais associados.

## ii. Aspetos construtivos

Relativamente aos aspetos construtivos do edifício, são aqui definidos os coeficientes de transmissão térmica de cada um dos componentes que caracterizam o edifício (Figura 3.5). De notar que, apesar de ser possível definir todo o tipo de componentes, para efeitos de cálculo o programa de simulação irá usar apenas aqueles que efectivamente existem. Para tal ele baseia-se na construção do edifício e nos tipos de espaço (úteis ou não úteis) para decidir que tipo de componente está associada a cada espaço. Os coeficientes de transmissão térmica foram determinados com base na Nota Técnica NT-SCE-01 [19], como foi referido. No entanto este valor não se encontra definido para paredes interiores, sendo necessário determiná-lo através da seguinte equação:

$$U_{\text{par.int}} = \frac{1}{\frac{1}{U_{\text{par.ext}}} + 0.09} \quad , \quad (3.3)$$

$U_{\text{par.int}}$  = Coeficiente de transmissão térmica da parede interior ( $\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$ )

$U_{\text{par.ext}}$  = Coeficiente de transmissão térmica da parede exterior ( $\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$ )



O coeficiente de transmissão térmica da parede exterior utilizado é determinado através da espessura da parede interior. O valor do coeficiente de transmissão térmica para os pavimentos (Equação 3.4) e coberturas (Equação 3.5) interiores, quando se desconhece a composição dos mesmos, é determinado através das seguintes fórmulas, baseando-se nos valores indicados na Nota Técnica NT-SCE-01 [19] para pavimentos e coberturas exteriores, respetivamente:

$$U_{\text{pav.int}} = \frac{1}{\frac{1}{U_{\text{pav.ext}}} + 0.13} \quad , \quad (3.4)$$

$U_{\text{pav.int}}$  = Coeficiente de transmissão térmica do pavimento interior (W/m<sup>2</sup>°C)

$U_{\text{pav.ext}}$  = Coeficiente de transmissão térmica do pavimento exterior (W/m<sup>2</sup>°C)

$$U_{\text{cob.int}} = \frac{1}{\frac{1}{U_{\text{cob.ext}}} + 0.06} \quad , \quad (3.5)$$

$U_{\text{cob.int}}$  = Coeficiente de transmissão térmica da cobertura interior (W/m<sup>2</sup>°C)

$U_{\text{cob.ext}}$  = Coeficiente de transmissão térmica da cobertura exterior (W/m<sup>2</sup>°C)

Construction Template	
Template	<b>CONSTRUÇÃO</b>
Construction	
External walls	<b>PAREDE EXTERIOR U=0.96 (1.3)</b>
Flat roof	<b>COBERTURA EXTERIOR U=0.75</b>
Pitched roof (occupied)	<b>COBERTURA EXTERIOR U=0.75</b>
Pitched roof (unoccupied)	<b>COBERTURA EXTERIOR U=0.75</b>
Internal partitions	<b>PAREDE INTERIOR U=1.47</b>
Semi-Exposed	
Semi-exposed walls	<b>PAREDE INTERIOR U=1.47</b>
Semi-exposed ceiling	<b>COBERTURA INTERIOR U=0.71</b>
Semi-exposed floor	<b>PAVIMENTO INTERIOR U=2.21</b>
Floors	
Ground floor	<b>PAVIMENTO CONTACTO COM SOLO</b>
External floor	<b>PAVIMENTO EXTERIOR U=3.1</b>
Internal floor	<b>PAVIMENTO INTERIOR U=2.21</b>

Figura 3.5 - Aspetos construtivos do edifício.

Em termos dos aspetos construtivos, este passo é igual, quer para a simulação real, quer para a simulação nominal.

### iii. Vãos envidraçados

Os vãos envidraçados são caracterizados de acordo com os dados tabelados no ITE 50 [26], documento que contém os coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios (Tabela 3.1). O coeficiente de transmissão térmica varia de acordo com o tipo de vão envidraçado, número de vidros, tipo de janela e espessura da lâmina de ar. Neste campo é também possível definir um tipo de proteção, interior ou exterior, podendo ser definido o modo como essa proteção se encontra ativa. A caracterização dos vãos envidraçados é independente do tipo de simulação que se está a realizar, não alterando os valores.



Figura 3.6 - Definição dos vãos envidraçados

Tabela 3.1 - Coeficientes de transmissão térmica de vãos envidraçados verticais com caixilharia metálica sem corte térmico.

Tipo de Vão Envidraçado	Número de Vidros	Tipo de Janela	Espessura da Lâmina de Ar (mm)	U (W/m <sup>2</sup> .°C)
Simples (1 janela)	1 (vidro simples)	fixa	-	6
		giratória	-	6.2
		de correr	-	6.5
	2 (vidro duplo)	fixa	6	3.9
		giratória	6	4.3
		de correr	6	4.5
Duplo (2 janelas)	1 (vidro simples em cada janela)	fixa, giratória ou de correr	50 a 100 (distância entre janelas)	3.1

### iv. Iluminação

É necessário também definir a iluminação espaço a espaço através da sua densidade, calculada de modo similar à densidade de equipamentos. Para além do valor da densidade, é também indicado o perfil real de iluminação do espaço ou conjunto de espaços, caso o perfil seja o mesmo. O valor da densidade de iluminação utilizado na simulação, quer no caso da

simulação real como na simulação nominal, é sempre o valor real da densidade de iluminação do edifício. O que difere entre os dois tipos de simulação é somente os perfis associados, sendo que no caso da simulação real os perfis utilizados serão os que mais se aproximam à realidade do edifício, e no caso da simulação nominal os perfis são os referidos no capítulo 2, definidos no Decreto-Lei 79/2006 [21].

$$\text{Densidade de Iluminação} = \frac{\text{Potência Total}}{\text{Área}} \text{ (W/m}^2\text{)} \quad , \quad (3.6)$$

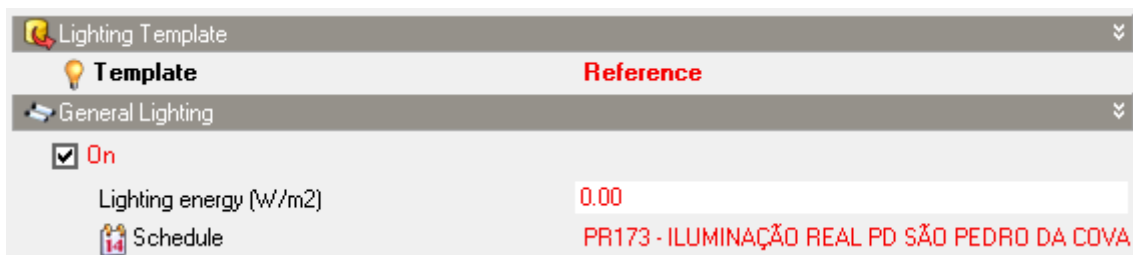


Figura 3.7 - Definição da iluminação.

#### v. Sistema de AVAC

Em termos de caracterização do edifício resta caracterizar o sistema de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado através das taxas de renovação de ar novo de cada espaço, eficiência do sistema de aquecimento e eficiência do sistema de arrefecimento, através dos seus coeficientes de performance para aquecimento e arrefecimento, e indicar o horário de funcionamento do sistema de AVAC (Figura 3.8).

The image shows a software interface for configuring an HVAC system. It is organized into several sections:

- HVAC Template**: Shows the overall system name as **AVAC**.
- Mechanical Ventilation**:
  - On**
  - Outside air definition method: **1-By zone**
  - Outside air (ac/h): **0.000**
  - Operation: **7:00 - 21:00**
- Heating**:
  - Heated**
  - Fuel: **1-Electricity from grid**
  - Heating system CoP: **1.000**
  - Operation: **7:00 - 21:00**
- Cooling**:
  - Cooled**
  - Fuel: **1-Electricity from grid**
  - Cooling system CoP: **3.000**
  - Operation: **7:00 - 21:00**

**Figura 3.8** - Caracterização do sistema de AVAC.

As taxas de renovação de ar novo diferem entre a simulação real e a nominal. Na simulação real dependem dos caudais de insuflação de ar novo definidos em projeto para cada espaço, caso tenha insuflação de ar novo. As renovações de ar são calculadas da seguinte forma:

$$\text{Taxa de Renovação de Ar Novo} = \frac{\text{Caudal de Insuflação de Ar Novo}}{\text{Volume do Espaço}} \text{ (Ren/h) } , \quad (3.7)$$

Na simulação nominal, de acordo com o estipulado na legislação, as taxas de renovação de ar novo devem garantir os valores que constam do Anexo VI do RSECE (Tabela 3.2), sendo considerado o valor que conduza à situação mais desfavorável, que será o maior valor de caudal de ar novo.

Tabela 3.2 - Caudais mínimos de ar novo.

Tipo de Actividade		Caudais mínimos de ar novo	
		m <sup>3</sup> /(h.ocupante)	m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> )
Residencial	Salas de estar e quartos	30	
Comercial	Salas de espera	30	
	Lojas de comércio		5
	Áreas de armazenamento		5
	Vestiários		10
	Supermercados	30	5
Serviços de refeições	Salas de refeições	35	
	Cafetarias	35	35
	Bares, salas de cocktail	35	35
	Sala de preparação de refeições	30	
Empreendimentos turísticos	Quartos/suites	30	
	Corredores/átrios		5
Entretenimento	Corredores/átrios		5
	Auditório	30	
	Zona do palco, estúdios	30	
	Café/foyer	35	35
	Piscinas		10
	Ginásio	35	
Serviços	Gabinetes	35	5
	Salas de conferências	35	20
	Salas de assembleia	30	20
	Salas de desenho	30	
	Consultórios médicos	35	
	Salas de recepção	30	15
	Salas de computador	30	
	Elevadores		15
Escolas	Salas de aula	30	
	Laboratórios	35	
	Auditórios	30	
	Bibliotecas	30	
	Bares	35	
Hospitais	Quartos	45	
	Áreas de recuperação	30	
	Áreas de terapia	30	

De acordo com o Artigo 29º do RSECE, em espaços em que seja permitido fumar, os valores da Tabela 3.2 passam a, pelo menos, 60 m<sup>3</sup>/(h.ocupante). Em espaços de não fumadores em que sejam utilizados materiais de construção ou de acabamento ou revestimento não ecologicamente limpos, os sistemas deverão estar preparados para fornecer caudais aumentados em 50% face aos especificados acima [21]. Além disso, deve também entrar-se em consideração com a eficiência do sistema de ventilação.

### 3.3. Resumo

O *Design Builder* permite-nos representar uma versão de um edifício aproximada da realidade, cuja aproximação estará sempre dependente de um bom levantamento das características físicas do edifício, assim como em termos dos equipamentos e iluminação que o constituem, ou o modo como se encontram ocupados e em que períodos. É importante

## 52 Simulação Dinâmica e Caracterização de Supermercado Tipo

garantir que o sistema modelado esteja o mais fiel à sua versão real, caso contrário a classe obtida através dos resultados da simulação pode não ser a que realmente caracteriza o edifício.

## Capítulo 4

# Caracterização e Simulação do Supermercado Tipo

Neste ponto será identificado e caracterizado o supermercado tipo sobre o qual irá ser feita a análise de eficiência energética. Será apresentada a localização e constituição do edifício e caracterizada a sua envolvente, e alguns aspectos que caracterizam o edifício, como é o caso da iluminação, envidraçados, equipamentos, tipo de ocupação e os seus principais consumos. Através da simulação dinâmica do edifício serão apresentados e analisados os resultados obtidos.

### 4.1. Identificação e Localização

O supermercado-tipo considerado neste trabalho foi construído no ano de 2008. O supermercado é constituído por um piso térreo composto por uma zona de entrada, área de vendas, um gabinete, instalações sanitárias públicas e de funcionários, balneários, zonas de atendimento assistido, refeitório, armazém, zona técnica, câmaras frigoríficas fechadas hermeticamente, salas de preparação de produtos frescos e zonas de circulação e armazenagem refrigeradas. O edifício possui uma área útil de pavimento de 1047 m<sup>2</sup>, uma área não útil de 24 m<sup>2</sup>, e um armazém, considerado espaço complementar pelo regulamento, de 71 m<sup>2</sup>, totalizando uma área total de 1142 m<sup>2</sup>. Na Figura 4.1 podemos visualizar a vista aérea do edifício, orientado a norte.



**Figura 4.1** - Imagem aérea do supermercado.

Encontra-se localizado na freguesia de São Pedro da Cova, no concelho de Gondomar, no distrito do Porto, e foi considerado que se encontra na periferia de uma zona urbana. Relativamente à zona climática, e de acordo com o RCCTE, o edifício tem as características indicadas na tabela 4.1.

**Tabela 4.1** - Características da Zona Climática.

Distância à Costa Marítima	14	Km
Altitude	80	metros
Zona Climática de Inverno	I2	
Número de Graus-Dias de Aquecimento (GD)	1620	°C.Dias
Duração de Estação de Aquecimento (M)	7	meses
Zona Climática de Verão	V1N	
Temperatura do Ar Exterior de Verão (T <sub>atm</sub> )	30	°C
Região A ou B	A	
Rugosidade I,II ou III	II	
Classe de Exposição 1, 2, 3 ou 4	2	
Dispositivos de Admissão na Fachada	NÃO	
Permeabilidade ao Ar na Caixilharia	SEM	
Cumprimento Norma 1037-1	NÃO	
R <sub>ph</sub> (Infiltrações por hora)	0.95	h <sup>-1</sup>
Inércia Térmica	MÉDIA	



#### 4.1.1. Iluminação

A auditoria realizada à iluminação existente no edifício permitiu identificar diversos tipos de lâmpadas, com diversas potências unitárias, quer interiores como exteriores ao edifício, nomeadamente:

- i. Fluorescentes tubulares de 18W, 36W, 58W e 80W;
- ii. Incandescentes de 60W;
- iii. Iodetos Metálicos de 70W.

A principal concentração de iluminação do edifício encontra-se, como em qualquer superfície de retalho alimentar, na zona de vendas, sendo constituída por 164 lâmpadas fluorescentes tubulares de 80W, 38 lâmpadas de iodetos metálicos de 70W e 6 lâmpadas incandescentes de 60W, correspondendo a uma potência total instalada, neste espaço, de 16.14 kW. Nas Tabelas 4.2 e 4.3 podemos ver a potência total e quantidade instalada no edifício, por tipo de lâmpada.

Tabela 4.2 - Resumo da Iluminação Interior.

TIPO DE ILUMINAÇÃO			
Tipo Lâmpada	Potência total (kW)	% da Pot. Total	Nº Unidades
Fluorescente	18.11	85.7%	247
Incandescente	0.36	1.7%	6
Iodetos Metalicos	2.66	12.6%	38
<b>Total</b>	<b>21.13</b>	<b>100%</b>	<b>291</b>

Tabela 4.3 - Resumo da Iluminação Exterior.

Tipo Lâmpada	Potência total (kW)	% da Pot. Total	Nº Unidades
Fluorescente	0.49	26%	8
Incandescente	1.40	74%	20
<b>Total</b>	<b>1.89</b>	<b>100%</b>	<b>28</b>

#### 4.1.2. Envidraçados

O edifício possui uma área total de envidraçado de 44 m<sup>2</sup>. Do levantamento efectuado foram identificados cinco tipos de envidraçados, todos eles compostos por vidros simples e

incolores, com uma caixilharia de metal sem corte térmico e sem qualquer tipo de protecção solar, quer interior como exterior, e do tipo fio, giratório ou de correr. Através de um medidor de espessura de vidros convencional (Figura 4.2) foi possível determinar uma espessura de 6 milímetros para cada um dos envidraçados.



Figura 4.2 - Medidor de Vidros.

### 4.1.3. Equipamentos

#### i. Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

O edifício está dotado de um sistema de climatização “tudo-ar”, tipo rooftop de sistema de expansão directa e dispõe ainda de duas unidades mono-split, do tipo mural, que climatizam as salas de informática/tesouraria e a sala de convívio/refeitório. Existem também alguns ventiladores que fazem a insuflação de ar novo no armazém de secos, circulações, zonas de apoio, padaria, sala de convívio, balneários e sala de informática/tesouraria, e ventiladores de extração associados ao armazém de secos, zonas de atendimento, zonas de lavagem, preparação de quentes, preparação de frutas e legumes, sala de quadros eléctricos, padaria, sala de convívio, informática/tesouraria, balneários e instalações sanitárias. Existem duas hottes, uma na padaria, outra na sala de preparação de quentes, às quais estão associados dois ventiladores que fazem a extração de ar desses espaços, e um exaustor do tipo campânula na sala de convívio/refeitório. A entrada ao público está provida de uma cortina de ar.

#### ii. Águas Quentes Sanitárias

O edifício é dotado de um termoacumulador eléctrico, localizado na casa das máquinas. O mesmo é da marca Videira, modelo E-Renov, com 300 litros de capacidade, e com uma potência de 2 kW. Este sistema é utilizado para abastecer com água quente todas as zonas

que dela necessitem, como por exemplo, os balneários e zonas de lavagem. Associado a este sistema existe uma bomba circuladora, com uma potência de 88W, que tem como função fazer circular a água desde o termoacumulador até às zonas que necessitem de água quente.

### iii. Equipamentos Diversos

Nas zonas de apoio e de preparação de produtos foram identificados diversos equipamentos, tais como fornos, esterilizadores de utensílios, máquinas de preparação de panificação e pastelaria, entre outros de menor consumo. Nas zonas de atendimento existem diversas balanças, expositores refrigerados, equipamentos, serras de bacalhau e de pescado, uma picadora de carne, um microondas, máquina de café, moedor de café e máquina de lavar loiça. Na zona de vendas existem diversas ilhas e expositores refrigerados, associados ou não ao sistema de frio, e caixas onde é finalizada a venda ao cliente. Na zona administrativa existem computadores, impressoras, fax e um bastidor informático.

#### 4.1.4. Características da Envolvente do Edifício

Não sendo possível determinar com exactidão os elementos construtivos do edifício foram considerados os valores de referência indicados na Nota Técnica NT-SCE-01 [19], relativamente a paredes interiores, paredes exteriores, coberturas interiores e coberturas exteriores. As paredes exteriores e interiores são de composição desconhecida, com uma espessura exterior de 44 cm e uma espessura interior de 14 cm, o que de acordo com a NT-SCE-01 corresponde a um valor de coeficiente de transmissão térmica de  $0,96 \text{ W/m}^2\text{°C}$  e  $1,47 \text{ W/m}^2\text{°C}$ , respectivamente. Relativamente às coberturas interiores e exteriores foi verificado que existe um isolamento térmico de 5 cm de espessura em ambos os tipos de cobertura, o que corresponde, segundo o Anexo III da NT-SCE-01, a um coeficiente de transmissão térmica de  $0,71 \text{ W/m}^2\text{°C}$  para a cobertura interior e  $0,75 \text{ W/m}^2\text{°C}$  para a cobertura exterior.

#### 4.1.5. Ocupação

Dada a incerteza do perfil de ocupação dos diversos espaços, procurou-se obter um perfil o mais rigoroso possível. Para isso foi considerada a ocupação máxima de cada espaço e o seu horário de funcionamento.

#### 4.1.6. Consumos Energéticos

Para avaliar o consumo energético do supermercado foram realizadas medições energéticas ao sistema de AVAC, ao sistema de Frio e ao consumo geral do edifício, aolongo de três dias. Devido à indisponibilidade de analisadores de rede na data da auditoria foram utilizadas pinças amperimétricas, tendo sido arbitrado um fator de potência de 0,9 para determinação do consumo. Através das medições, como podemos observar na Tabela 4.4 e Tabela 4.5, é visível que o sistema de frio é parte significativa do consumo de um edifício deste tipo, tendo o sistema de AVAC uma contribuição notoriamente inferior.

**Tabela 4.4 - Potência média diária medida.**

Dias de Medição	Potência Média Diária (kW)		
	Quadro Geral	Quadro do Frio	Quadro de AVAC
1º Dia	73.82	30.73	2.91
2º Dia	75.51	32.62	3.36
3º Dia	76.69	31.19	3.14
<b>Média</b>	<b>75.34</b>	<b>31.51</b>	<b>3.14</b>

**Tabela 4.5 - Consumo anual estimado.**

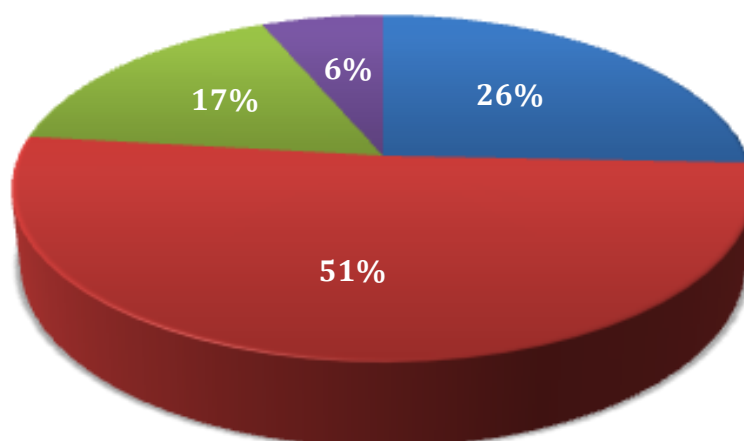
Consumo (MWh)		
Quadro Geral	Quadro do Frio	Quadro de AVAC
659.96	276.04	27.50

## 4.2. Simulação e Análise de Resultados do Supermercado

Através da simulação real do edifício foram obtidos os resultados que constam da Tabela 4.6. Como seria de esperar, o consumo de arrefecimento complementa o consumo de aquecimento, sendo mais forte nos meses de verão, onde o consumo de aquecimento é mais baixo. Relativamente à iluminação interior e aos equipamentos, o consumo é praticamente constante ao longo do ano.

Tabela 4.6 - Resultados de consumos desagregados da simulação real do supermercado.

Mês	Equipamentos kWh	Iluminação Interior kWh	Aquecimento kWh	Arrefecimento kWh
Janeiro	4437.98	8858.85	6677.98	1.06
Fevereiro	4008.50	8001.54	5160.39	1.60
Março	4437.98	8858.85	4098.29	12.36
Abril	4294.82	8573.08	2562.08	43.58
Maio	4437.98	8858.85	1313.77	259.21
Junho	4294.82	8573.08	626.47	1733.31
Julho	4437.98	8858.85	397.09	4043.58
Agosto	4437.98	8858.85	491.63	3853.95
Setembro	4294.82	8573.08	741.76	2500.49
Outubro	4437.98	8858.85	1656.01	495.81
Novembro	4294.82	8573.08	3878.79	11.05
Dezembro	4437.98	8858.85	6587.26	3.12
<b>TOTAL</b>	<b>52253.61</b>	<b>104305.84</b>	<b>34191.52</b>	<b>12959.11</b>



■ Equipamentos ■ Iluminação Interior ■ Aquecimento ■ Arrefecimento

Figura 4.3 - Resultados da simulação real do supermercado.

Para além dos valores obtidos pela simulação no *Energy Plus* é necessário contabilizar outras parcelas que não foram consideradas na simulação, dadas as limitações do programa em não permitir simular estes sistemas:

1. Sistema de Frio;
2. Iluminação Exterior e de Emergência;
3. Ventiladores;
4. Equipamentos de zonas com densidades de equipamentos acima de 1000 W/m<sup>2</sup>;

5. Bombas;
6. Aguas Quentes Sanitárias.

Para o sistema de frio é estimado o consumo anual através das medições efetuadas. O consumo associado à iluminação exterior, iluminação de emergência, bombas e ventiladores é determinado tendo em conta a potência total instalada e perfis aproximados de utilização, à semelhança do que é feito na simulação.

Em situações em que temos um espaço pequeno com uma potência de equipamentos instalados muito elevada, e conseqüentemente uma densidade de equipamentos elevada, o cálculo referente a esses equipamentos tem que ser contabilizado à parte. No exemplo do supermercado, verificamos que para a zona de preparação de take-away e para a padaria, temos densidades de equipamentos de 2693.64 W/m<sup>2</sup> e 3539.74 W/m<sup>2</sup>, respetivamente. No caso da preparação de take-away, temos uma área de apenas 14 m<sup>2</sup> e uma potência de equipamentos total de 37.71 kW, e na padaria, com apenas 34 m<sup>2</sup> o valor cresce aos 120.35 kW, devido à elevada potência dos fornos, em ambos os casos. Atendendo a perfis de utilização estimados dos equipamentos destes espaços, foi determinado que o consumo anual de equipamentos da preparação de take-away e da padaria seria de 229506 kWh.

Relativamente à bomba circuladora de água o valor do consumo anual foi determinado considerando um funcionamento ininterrupto ao longo dos 365 dias do ano, o que corresponde, para uma bomba de 88 W, a 770.88 kWh por ano. O consumo do sistema AQS é determinado da seguinte forma, tendo em conta a capacidade do depósito de AQS, 300 litros neste exemplo:

$$\text{Consumo AQS} = \frac{M_{\text{AQS}} \times 4187 \times \Delta T \times n_d}{3600000} \text{ (kWh/ano)} \quad , \quad (4.1)$$

Em que:

$M_{\text{AQS}}$  - Consumo médio diário de referência de AQS (litros)

$\Delta T$  - Aumento da temperatura necessário para preparar as AQS (°C)

$n_d$  - Número anual de dias de consumo de AQS (dias)

No exemplo estudado, os valores respeitantes a estas parcelas não contabilizadas na simulação em *Design Builder* são os indicados na Tabela 4.7.

**Tabela 4.7** - Consumos não contabilizados na simulação real.

<b>Tipo</b>	<b>Consumo Anual (kWh)</b>
Sistema de Frio	276029
Iluminação Exterior	8954.8
Iluminação de Emergência	3924.48
Ventiladores	27140
Equipamentos Extra	229506
Bombas	766.7
AQS	8187.08

Contabilizando todos os consumos, obtidos por simulação e calculados à parte, ou por medição, temos que comparar com os valores obtidos através da análise das faturas num período de um ano. Dado que a oscilação entre os valores obtidos com a simulação real e os valores obtidos das faturas encontra-se dentro do intervalo de 10% (Tabela 4.8), segue-se a simulação do supermercado nas suas condições nominais.

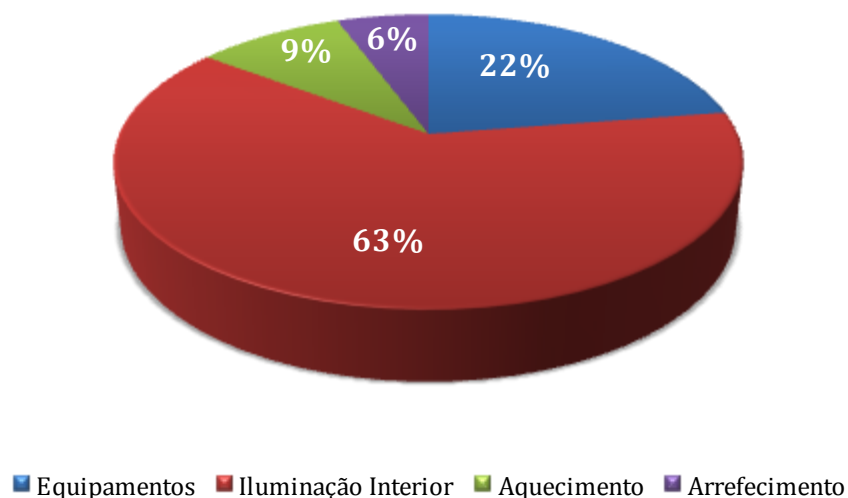
**Tabela 4.8** - Oscilação entre os resultados da simulação real e as faturas.

<b>Simulação Real</b>	<b>Oscilação</b>	<b>Facturas</b>
758218 kWh	7%	705745 kWh

Para a simulação nominal é utilizado o mesmo modelo construído para a simulação real, alterando no entanto os perfis (ocupação, equipamentos e iluminação), densidades de ocupação e equipamentos. Os caudais de ar novo deverão ser os caudais nominais, afetos da eficiência da ventilação e do eventual acréscimo de 50% devido à presença de materiais não ecologicamente limpos. Caso não haja informação do sistema de climatização, deve considerar-se uma eficiência de 80% e o acréscimo de 50% referente à presença de materiais não ecologicamente limpos, que será o caso, neste exemplo. Para além dos caudais, nos espaços com ocupação permanente, mas sem sistema de climatização, deve considerar-se um sistema composto por uma resistência elétrica com rendimento de 100%, para aquecimento, e uma máquina frigorífica com um coeficiente de performance de arrefecimento de 3 [20].

Tabela 4.9 - Resultados obtidos no *Energy Plus* referentes à simulação nominal.

Mês	Equipamentos kWh	Iluminação Interior kWh	Aquecimento kWh	Arrefecimento kWh
Janeiro	3735.41	10408.97	4421.03	0.00
Fevereiro	3373.92	9401.65	3126.56	0.09
Março	3735.41	10408.97	2156.18	1.00
Abril	3614.91	10073.19	871.83	24.13
Mai	3735.41	10408.97	178.60	234.14
Junho	3614.91	10073.19	14.99	1542.32
Julho	3735.41	10408.97	0.39	3471.13
Agosto	3735.41	10408.97	0.55	3269.57
Setembro	3614.91	10073.19	45.05	2065.99
Outubro	3735.41	10408.97	441.76	410.50
Novembro	3614.91	10073.19	2081.53	0.67
Dezembro	3735.41	10408.97	4394.22	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>43981.41</b>	<b>122557.20</b>	<b>17732.69</b>	<b>11019.53</b>

Figura 4.4 - Resultados obtidos no *Energy Plus* referentes à simulação nominal.

Comparando com os resultados obtidos na simulação real, verifica-se que a principal componente continua a ser a iluminação interior, embora com valores mais elevados, visto que, apesar da densidade de iluminação ser a mesma, o perfil nominal de iluminação é mais carregado. Como na simulação real, para além dos consumos obtidos no *Energy Plus*, é necessário contabilizar alguns consumos não considerados na simulação, nomeadamente o sistema de frio, ventiladores, iluminação exterior, bomba e AQS.



Tabela 4.10 - Consumos não contabilizados na simulação nominal.

Tipo	Consumo Anual (kWh)
Sistema de Frio	39450.96
Iluminação Exterior	10190.88
Iluminação de Emergência	3924.48
Ventiladores	25311
Bombas	766.7
AQS	8187

Comparando com a simulação real, excepto no caso das bombas, AQS e iluminação exterior, temos menor consumo na simulação nominal, em virtude das densidades e perfis utilizados. Neste caso, também não é contabilizada a parcela referente aos equipamentos da padaria e da zona de preparação de take-away visto que já se encontra contabilizada na simulação, dado que são utilizadas as densidades nominais, bastante inferiores às densidades reais.

Tendo os resultados da simulação nominal, estamos em condições de iniciar o processo de determinação da classe energética do edifício. Inicialmente é necessário calcular o fator de forma do edifício (FF) e os fatores de correção de inverno e de verão ( $FC_i$  e  $FC_v$ ).

#### i. Fator de Forma

$$FF = \frac{A_{ext} + \sum_i (A_{int_i} \times \tau_i)}{V}, \quad (4.2)$$

$A_{ext}$  = Área total dos elementos que separam os espaços úteis do ambiente exterior ( $m^2$ )

$A_{int}$  = Área dos elementos que separam o espaço útil interior do espaço não útil ( $m^2$ )

O coeficiente  $\tau$  é característico de um espaço não aquecido no interior ou anexo ao edifício em estudo e traduz o valor da temperatura adimensional do local não aquecido. Este valor encontra-se tabelado na Tabela IV.1 do RCCTE [27], conforme o valor do quociente entre a área dos elementos que separam o espaço útil interior do espaço não útil e a área do elemento que separa o espaço não útil do ambiente exterior. Um valor de  $\tau$  próximo de 1 indica que o espaço tem uma temperatura próxima da exterior e um valor próximo de 0 indica que o espaço tem uma temperatura próxima do interior. No caso de valores de  $\tau$

superiores a 0.7, a envolvente do espaço útil em contacto com o espaço não aquecido, deverá cumprir os requisitos aplicáveis à envolvente exterior, definidos no Anexo IX do regulamento [27].

**Tabela 4.11 - Determinação do fator de forma do supermercado.**

$\Sigma A_{ext} (m^2)$	500.8768
$\Sigma (A_{int} \cdot t) (m^2)$	1030.015
Volume Interior ( $m^3$ )	3312.4
Factor de Forma (FF)	0.46217
Graus Dias	1620
Graus Dias referencias	1000
Zona Climática Inverno	I2
Zona Climática Verão (Norte ou Sul)	V1N

ii. **Fator de Correção de Inverno (ou de Aquecimento) e de Verão (ou de Arrefecimento)**

Para determinar os fatores de correção, primeiramente é necessário determinar as necessidades nominais de energia útil para aquecimento ( $N_i$ ) e arrefecimento ( $N_v$ ). O  $N_i$  depende do valor do fator de forma (FF) da fração autónoma/edifício e dos graus-dias (GD) do clima local, e calcula-se da seguinte maneira:

$$\text{Para } FF \leq 0,5; N_i = 4,5 + 0,0395GD \quad (\text{kWh}/m^2 \cdot \text{ano}), \quad (4.3)$$

$$\text{Para } 0,5 < FF \leq 1; N_i = 4,5 + (0,021 + 0,037FF)GD \quad (\text{kWh}/m^2 \cdot \text{ano}), \quad (4.4)$$

$$\text{Para } 1 < FF \leq 1,5; N_i = [4,5 + (0,021 + 0,037FF)GD](1,2 - 0,2FF) \quad (\text{kWh}/m^2 \cdot \text{ano}), \quad (4.5)$$

$$\text{Para } FF > 1,5; N_i = 4,05 + 0,06885GD \quad (\text{kWh}/m^2 \cdot \text{ano}), \quad (4.6)$$

O  $N_v$  depende apenas da zona climática do local. As zonas de verão estão divididas em região Norte e região Sul. A região Sul abrange toda a área a sul do rio Tejo e ainda os concelhos de Lisboa, Oeiras, Cascais, Amadora, Loures, Odivelas, Vila Franca de Xira, Azambuja, Cartaxo e Santarém. As restantes zonas a norte do Tejo pertencem a uma zona climática de verão Norte (Figura 4.5).

Zona V <sub>1</sub> (norte)	N <sub>v</sub> = 16 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Zona V <sub>1</sub> (sul)	N <sub>v</sub> = 22 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Zona V <sub>2</sub> (norte)	N <sub>v</sub> = 18 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Zona V <sub>2</sub> (sul)	N <sub>v</sub> = 32 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Zona V <sub>3</sub> (norte)	N <sub>v</sub> = 26 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Zona V <sub>3</sub> (sul)	N <sub>v</sub> = 32 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Açores	N <sub>v</sub> = 21 kWh/m <sup>2</sup> .ano
Madeira	N <sub>v</sub> = 23 kWh/m <sup>2</sup> .ano

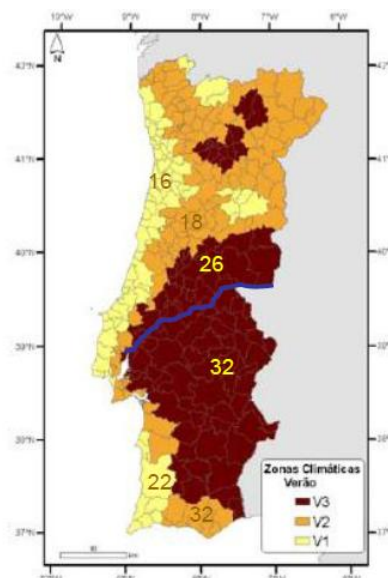


Figura 4.5 - Zonas climáticas de Verão [10].

O fator de correção de inverno é então calculado através do quociente entre as necessidades nominais de energia útil de aquecimento da zona de referência e as necessidades nominais de energia útil de aquecimento da zona climática do edifício. O fator de correção de verão é calculado de forma análoga, com as necessidades nominais de energia útil de arrefecimento das zonas referidas. A zona de referência é caracterizada como zona climática I1-V1 Norte e 1000 graus-dia de aquecimento.

Tabela 4.12 - Fatores de correção do supermercado.

Factor correção de Arrefecimento	
NV1	16
NVi	16
FCv	1
Factor correção de Aquecimento	
NI1	44.00
NIi	68.49
FCi	0.64

### iii. Indicadores de Eficiência Energética dos Perfis Constantes

Na existência de espaços complementares, como é o caso do armazém no supermercado, é necessário determinar o IEE nominal desse espaço. Para o cálculo do IEE nominal do espaço complementar é necessário primeiro determinar os consumos do espaço, nomeadamente a nível de iluminação, equipamentos e ventilação. As densidades respectivas, usadas para o cálculo do consumo são, no caso da iluminação, a densidade real do espaço, e no caso dos

equipamentos e ventilação, as densidades indicadas nos perfis constantes (Tabela 2.8). O número de horas de funcionamento é o mais indicado, de acordo com o perfil de utilização [21]. Por fim, aplica-se o fator de conversão de electricidade. O IEE Nominal resulta então da soma dos consumos parciais dos espaços complementar.

**Tabela 4.13 - Determinação dos consumos do espaço complementar Armazém.**

	Designação	W/m2	Horas Funcionamento	Consumo (kWh/m2)	Tipo de combustível	F.Conversão	kgep/m2.ano
<b>Armazém</b>	Iluminação	4.29	3267.0	14.0	Electricidade	0.290	4.1
	Equipamentos	5.00	3267.0	16.3	Electricidade	0.290	4.7
	Ventilação	8.00	3267.0	26.1	Electricidade	0.290	7.6

**Tabela 4.14 - IEE Nominal do espaço complementar Armazém.**

<b>IEE Nominal Armazém</b>	
<b>kgep/m2.ano</b>	<b>16.38</b>

<b>IEE Ref<sup>a</sup> Nominal Armazém</b>	
<b>IEE ref<sup>a</sup></b>	<b>19.00</b>
<b>S ref<sup>a</sup></b>	<b>7.00</b>

#### iv. Indicadores de Eficiência Energética da Tipologia

Para o cálculo do IEE Nominal ponderado da tipologia supermercado é necessário considerar os consumos associados ao aquecimento e arrefecimento, e também o consumo de energia não ligado aos processos de aquecimento e arrefecimento ( $Q_{out}$ ), onde se incluem os restantes consumos (Tabela 4.15).

Tabela 4.15 - Determinação do IEE Nominal ponderado referente à tipologia Supermercado.

Tipologia 1:		Supermercado				
		kWh/ano	Tipo de combustível	Factores de Conversão	kgep/ano	
IEE aquecimento / IEE arrefecimento	Consumo de Energia de Aquecimento (Qaq)	17733	Electricidade	0.290	5142	
			Gás	0.086	0	
	Consumo de Energia de Arrefecimento (Qarr)	11020	Electricidade	0.290	3196	
			Gás	0.086	0	
	Ventiladores UTAs (aquecimento)	11916	Electricidade	0.290	3456	
	Ventiladores UTAs (arrefecimento)	2196	Electricidade	0.290	637	
	Bombas: (Aquecimento)		Electricidade	0.290	0	
	Bombas: (Arrefecimento)		Electricidade	0.290	0	
	Iluminação Interior	122557	Electricidade	0.290	35542	
	Iluminação Exterior	10191	Electricidade	0.290	2955	
Qout (Outros)	Equipamentos a Gás		Gás	0.086	0	
	Ventilação	11199	Electricidade	0.290	3248	
	Outros Consumos	48673	Electricidade	0.290	14115	
	Sistema de AQS	8187	Electricidade	0.290	2374	
	Sistema de Frio	39451	Electricidade	0.290	11441	

Os valores do consumo de energia de aquecimento ( $Q_{aq}$ ), o consumo de energia de arrefecimento ( $Q_{arr}$ ) e a iluminação interior, são os resultantes da simulação dinâmica. O consumo associado aos equipamentos obtido pela simulação, associado ao consumo da bomba e da iluminação exterior, representa os outros consumos. O consumo da iluminação exterior é calculado considerando a potência total instalada e o número de horas de funcionamento definido para esta tipologia no Anexo XV do regulamento [21]. O consumo associado ao sistema de águas quentes sanitárias é o mesmo que foi considerado na simulação real. Relativamente ao sistema de frio, é calculado considerando a densidade e o número de horas definidos nos perfis constantes, e a área útil do edifício. Resta analisar os consumos da ventilação. Relativamente à ventilação temos três tipos: aquecimento, arrefecimento e outros. Para aquecimento consideramos os consumos da ventilação associados aos ventiladores de insuflação de ar novo e à cortina de ar na entrada da loja. Os mesmos ventiladores de insuflação de ar novo também contribuem para o arrefecimento, e por esse motivo o seu consumo é repartido de igual modo entre aquecimento e arrefecimento. Os restantes ventiladores de extração contribuem para os outros consumos, que se encontram identificados na Tabela 4.15 apenas como ventiladores.

Com estes dados estamos aptos para determinar o  $IEE_{nom}$  da tipologia Supermercado, que neste exemplo, dado não existirem outras tipologias, vai corresponder ao  $IEE_{nom}$  do edifício como um todo. O cálculo do indicador de eficiência energética é determinado através da seguinte equação:

$$IEE_{nom.tip1} = IEE_{aq} + IEE_{arr} + \frac{Q_{out}}{A_{p.tip1}} \quad (kgep/m^2.ano), \quad (4.7)$$

Sendo que:

$$IEE_{aq} = \frac{Q_{aq}}{A_{p.tip1}} \times FC_v \quad (kgep/m^2.ano), \quad (4.8)$$

$$IEE_{arr} = \frac{Q_{arr}}{A_{p.tip1}} \times FC_i \quad (kgep/m^2.ano), \quad (4.9)$$

O consumo total de aquecimento ( $Q_{aq}$ ) corresponde a:

- i. Consumo de energia de aquecimento (agravado de 5% devido a perdas por pontes térmicas lineares<sup>5</sup>);
- ii. Consumo dos ventiladores associados ao aquecimento;
- iii. Consumo de bombas associadas ao aquecimento.

---

<sup>5</sup> Pontes térmicas lineares: corresponde à ligação de dois elementos construtivos exteriores e é uma singularidade da envolvente, em que o fluxo térmico é bi ou tridimensional, assimilada a uma perda térmica por unidade de comprimento.

O consumo total de arrefecimento ( $Q_{arr}$ ) corresponde a:

- i. Consumo de energia de arrefecimento;
- ii. Consumo dos ventiladores associados ao arrefecimento;
- iii. Consumo de bombas associadas ao arrefecimento.

Neste exemplo não temos consumos de bombas associadas a aquecimento nem a arrefecimento. Resta determinar o indicador de eficiência energética ponderado da tipologia supermercado, que engloba também os respectivos espaços complementares:

$$IEE_{nom,pond.tip1} = \frac{IEE_{nom,tip1} \times A_{p.tip1} + IEE_{arm} \times A_{arm}}{A_{p.tip1} + A_{arm}} \quad (\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano}), \quad (4.10)$$

Em que:

$IEE_{nom,tip1}$ : Indicador de eficiência energética da tipologia supermercado ( $\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$ )

$A_{p.tip1}$ : Área útil do supermercado ( $\text{m}^2$ )

$IEE_{arm}$ : Indicador de eficiência energética do espaço complementar armazém ( $\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano}$ )

$A_{arm}$ : Área do espaço complementar armazém ( $\text{m}^2$ )

Tabela 4.16 - Consumos da tipologia supermercado.

	PTL (+5%)
Consumo Aquecimento	257
Total Aquecimento (kgep/ano)	8855
Total Arrefecimento (kgep/ano)	3833
Outros (kgep/ano)	28803
Total (kgep/ano)	82362

Tabela 4.17 - Indicadores de eficiência energética.

IEE aquecimento (IEEi) [kgep/m <sup>2</sup> .ano]	5.43
IEE arrefecimento (IEEv) [kgep/m <sup>2</sup> .ano]	3.66
Qout [kgep/m <sup>2</sup> .ano]	66.55
IEE Nominal Simulação Tip. 1 [kgep/m <sup>2</sup> .ano]	75.64
IEE Nominal Ponderado Tip. 1 [kgep/m <sup>2</sup> .ano]	71.88

## iv. Classificação energética do edifício

Tabela 4.18 - Quadro resumo.

Tipologias		IEEnom calculado (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Áreas Úteis (m <sup>2</sup> )	IEE ref <sup>a</sup> Novos (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	S ref <sup>a</sup> Novos (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	IEE Ref <sup>a</sup> Existentes (kgep/m <sup>2</sup> .ano)
Tip1	Supermercado	75.64	1047.0	70.00	30.00	150.00
Perfis Constantes das Tipologias		IEEnom calculado (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	Áreas (m <sup>2</sup> )	IEE Perfis Estáticos (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	S Perfis Estáticos (kgep/m <sup>2</sup> .ano)	
Tip1	Armazem	16.38	71.0	19.00	7.00	

Na tabela acima encontra-se um resumo dos indicadores de eficiência energética determinados por tipologia e por espaço complementar, os valores de referência para edifícios novos e respectivo parâmetro S, conforme Anexo IV do Despacho nº 10250/2008 [22] e o valor de referência do indicador de eficiência energética de edifícios existentes do Anexo X do RSECE [21].

Dado que o edifício é composto apenas por uma tipologia, estamos aptos a determinar a sua classe energética.

Tabela 4.19 - Valores ponderados do edifício.

IEE Referência dos Novos Ponderado	66.76
S Referência dos Novos Ponderado	28.54
IEE Nominal Ponderado do Edifício	71.88

O IEE e o S de referência são calculados através de uma ponderação pela área útil do edifício e dos espaços complementares, sendo que:

$$IEE_{ref,novos} = \frac{IEE_{ref,novos,tip1} \times A_p + IEE_{arm} \times A_{arm}}{A_p + A_{arm}}, \quad (\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano}) \quad (4.11)$$

$$S = \frac{S_{tip1} \times A_p + S_{arm} \times A_{arm}}{A_p + A_{arm}} \quad (\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano}) \quad (4.12)$$

Por fim verifica-se, de acordo com a Tabela 2.2, qual a classe energética do edifício em estudo:

$$IEE_{ref,novos} < IEE_{nom} \leq IEE_{ref,novos} + 0,50 \times S \quad (4.13)$$

Correspondendo a Equação (4.13) à classe energética C.



### 4.3. Resumo

Para uma correta classificação de um edifício é necessário realizar um bom levantamento, de modo a que o processo seja o mais fidedigno possível. O processo de determinação da classe de eficiência energética de um edifício é um processo que envolve muitos cálculos, com muitas parcelas similares, e com diversos indicadores de eficiência energética diferentes, pelo que é necessária uma atenção redobrada nos cálculos efetuados. Através da determinação da classe de eficiência energética conclui-se que o edifício em análise encontra-se próximo do valor de referência para um supermercado novo. É importante, no entanto, salientar que foram utilizados valores da NT-SCE-01 [19] para os coeficientes de transmissão térmica das envolventes.



# Capítulo 5

## Desafios Relacionados com a Eficiência Energética em Lojas de Retalho

A implementação de medidas de eficiência energética nas lojas de retalho encontra algumas barreiras, quer em termos económicos como sociais. Neste ponto irão ser analisadas as principais barreiras à sua implementação, assim como serão analisadas algumas das limitações do Sistema de Certificação Energética. Neste capítulo são também apresentadas algumas sugestões e perspectivas de trabalhos futuros.

### 5.1. Barreiras Associadas à Implementação de Eficiência Energética

Através da eficiência energética, para além da redução dos custos associados à fatura energética, contribui-se para o meio ambiente através da redução das emissões de dióxido de carbono. As medidas de eficiência energética permitem [28]:

- i. Reforçar a competitividade das empresas através da redução dos seus custos;
- ii. Reduzir a fatura energética do país, diminuindo as necessidades de energia elétrica;
- iii. Reduzir a intensidade energética da economia;
- iv. Reduzir a dependência energética;
- v. Reduzir as emissões poluentes.

Para além dos benefícios energéticos, outros benefícios devem ser também considerados e encarados como uma mais-valia na implementação de medidas de eficiência energética, tais como:

- i. Aumento do emprego associado ao fabrico, instalação, funcionamento e posterior manutenção de equipamentos eficientes;
- ii. Poupança de recursos naturais como a água;
- iii. Redução de resíduos;
- iv. Redução do ruído;
- v. Melhoria no controlo de processos;
- vi. Incentivo à investigação, desenvolvimento e inovação, através do estudo de novas e mais eficientes medidas.

A liberalização dos mercados de electricidade e do gás natural, com o aparecimento de novos *players* no mercado e uma contínua aposta nas energias renováveis, tem levado a uma maior eficiência energética no lado da oferta da energia. No entanto, do lado da procura, no que diz respeito aos proprietários e consumidores, continuam a existir várias barreiras ao aumento da eficiência energética [29]. As barreiras associadas à implementação de medidas de eficiência energética estão normalmente associadas a falta de informação. Os consumidores, em grande parte dos casos, têm pouca informação sobre os seus padrões de consumo de energia e sobre maneiras de reduzir os seus consumos energéticos. Além disso, os preços da energia não refletem os custos ambientais, sendo, para a maioria dos consumidores, subvalorizados, o que significa que melhorar a eficiência energética é associado a uma redução muito baixa da despesa, o que por sua vez implica um fraco incentivo na aposta de melhorias de eficiência energética [30]. A existência de diversas barreiras à implementação de eficiência energética, quer pela adopção de equipamentos mais eficientes, quer pela adopção de comportamentos e hábitos mais eficientes por parte dos consumidores, justificam a implementação de medidas de promoção de eficiência no consumo e também a dinamização do mercado de produtos e serviços de eficiência energética [29].

Algumas das principais barreiras são [28]:

- i. Desconhecimento das tecnologias mais eficientes e dos seus principais benefícios, por parte dos consumidores;
- ii. Incapacidade de avaliar corretamente esses mesmos benefícios;
- iii. Medo do possível risco associado à introdução de novas tecnologias;
- iv. O investimento inicial em tecnologias mais eficientes é normalmente mais dispendioso, apesar dos custos a médio/longo prazo serem menores;

- v. Falta de capital para realizar investimentos em novas medidas de eficiência energética e dificuldade no financiamento;
- vi. Ausência de incentivos para os agentes envolvidos na escolha de equipamentos e na gestão de energia das instalações;
- vii. Retorno do investimento a médio/longo prazo devido aos preços elevados das tecnologias mais eficientes;
- viii. Falta de informação detalhada na fatura energética.

## 5.2. Incentivos à Eficiência Energética

No setor elétrico têm sido desenvolvidos programas, pelas empresas distribuidoras de energia, que visam a promoção de uma utilização eficiente de eletricidade, através da instalação de equipamento solar-térmico ou de mini/micro-geração, iluminação eficiente, diagnósticos e auditorias energéticas, sistemas de gestão de consumos através de monitorização on-line, soluções de optimização energética, ou mesmo pela formação técnica com o objectivo de fortalecer os conhecimentos sobre a utilização de energia, tendo em vista a optimização energética [31].

Neste contexto, os serviços de energia, que fazem a gestão da energia do cliente, não apenas a nível da oferta, como a nível da utilização da mesma, são um elemento importante. Integram atividades como auditorias energéticas, implementação de medidas de utilização racional de energia, projeto e dimensionamento de sistemas de produção local de energia mais eficiente, manutenção de sistemas energéticos, *leasing* de equipamentos e financiamento de projetos. Paralelamente, políticas de incentivo à realização de acções de eficiência energética, são igualmente importantes, na medida em que podem incluir medidas de estímulo e apoio a programas de eficiência energética, assim como, por outro lado, estabelecer obrigações no cumprimento de certas metas e penalizações em caso de mau desempenho a nível de eficiência energética [28]. Ao não ser imputado directamente aos consumidores o custo das emissões de CO<sub>2</sub> associadas à produção de energia elétrica, os benefícios da implementação de medidas não são encarados como uma responsabilidade [29].

### i. O Modelo Dinamarquês

Na Dinamarca foi criado, em 1996, o *Green Tax Package* (GTP), aplicado ao comércio e à indústria. Este pacote é constituído por três taxas a aplicar sobre a energia, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e foi criado para tentar resolver o conflito entre a escolha de taxas que fossem altas o suficiente para terem um reflexo na redução das emissões, e ao mesmo tempo garantir que o peso das taxas não fosse elevado demais de modo a afectar a competitividade das empresas. O equilíbrio entre estes dois objetivos foi atingido através de:

- a. Redirecionar a receita extra obtida pelo GTP directamente para o comércio e indústria;
- b. Aumentar as taxas gradualmente, dando tempo às empresas para melhorarem a sua eficiência energética;
- c. Aplicar taxas diferenciadas em função da utilização de energia, diminuindo assim as taxas para consumidores intensivos de energia.

As receitas obtidas com as novas taxas permitiram, por exemplo, criar subsídios para a implementação de medidas de eficiência energética e criar subsídios especiais para pequenas empresas. O GTP teve também efeitos positivos no meio ambiente sendo que em 1999, numa avaliação ao GTP, o governo dinamarquês estimava uma redução de 3.8% nas emissões de CO<sub>2</sub> previstas para 2005, correspondendo a 2.3 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, metade desse valor devido ao GTP. Em termos económicos, as *taxas verdes* resultaram num aumento dos custos de energia no comércio e na indústria de cerca de 0.2% do PIB dinamarquês no ano 2000, embora as consequências desse aumento não tenham sido notórias devido ao aumento de subsídios em aproximadamente o mesmo valor.

### 5.2.1. Implementação de Eficiência Energética nas Lojas de Retalho

Manter uma oferta variada de produtos, oferecendo diariamente alimentos frescos e criando ambientes de compras sofisticados implica uma elevada necessidade de energia. O aumento dos preços da eletricidade e os efeitos das alterações climáticas obriga os retalhistas a enfrentar o desafio de melhorar continuamente a sua eficiência energética. Uma boa apresentação das lojas e dos seus produtos tem vindo a tornar-se um fator de competitividade, o que leva as lojas a remodelarem-se de modo a melhor acompanharem as tendências da concorrência. O modo como a iluminação é usada nas lojas tem um papel decisivo na exposição dos seus produtos e na criação de um bom ambiente neste setor. A ventilação também é muito usada para assegurar as renovações de ar de modo a manter uma boa qualidade do ar interior. Ventilação essa que é suportada por motores elétricos que, em média, funcionam durante mais de 2000 horas anuais. Com o alargamento dos horários de abertura das lojas, com particular destaque para a abertura dos hipermercados aos domingos e feriados de tarde, estes valores médios irão continuar a subir. O aumento da temperatura média também implica um maior consumo de ar condicionado durante os meses mais quentes. Por fim, a constante demanda por produtos frescos obriga a um elevado consumo relacionado com a refrigeração, sendo necessário manter os produtos devidamente refrigerados 365 dias por ano, 24 horas por dia [32].

De um modo geral, há poucos incentivos para empresas que pretendam investir na eficiência energética ou em tecnologias mais limpas. Melhorar a eficiência de uma loja

implica que haja uma convergência entre sustentabilidade e a redução de custos. Algumas das opções de eficiência energética passíveis de ser aplicadas em lojas de retalho oferecem pouco retorno para um investimento elevado, como é por exemplo o caso, da microprodução. Em termos estruturais, a reabilitação da envolvente das lojas, envolve riscos económicos devido ao tempo que levaria essa reabilitação, ou, no caso de lojas situadas em grandes centros urbanos, por vezes essa reabilitação nem é possível por questões legais. Barreiras internas também são identificadas nas lojas. Os aspetos técnicos nem sempre são entendidos por falta de informação sobre a potencial poupança energética e as implicações ambientais que daí advém. Nas pequenas lojas, a inexistência de um responsável de manutenção fixo, ao contrário do que acontece com grande parte das grandes superfícies, impede também que os equipamentos tenham manutenção adequada [32].

### 5.3. Conclusões

O trabalho desenvolvido incidiu na determinação da classe de eficiência energética de uma loja tipo de uma das tipologias do setor de venda a retalho. Para tal foi realizado um levantamento dimensional de um supermercado, analisando os seus consumos elétricos, quer por um levantamento dos vários equipamentos que o constituem, como da sua iluminação e ocupação. Na definição dos perfis de ocupação e perfis de utilização dos equipamentos foram encontradas algumas dificuldades devido à escassez de informação fidedigna sobre os mesmos, e pelo facto de não haver uma desagregação, nos quadros elétricos, dos principais tipos de consumo, que havendo, facilitaria a definição desses mesmos perfis. Esta indefinição torna a tarefa de acertar o modelo muito mais dificultada e morosa.

#### 5.3.1. Limitação e Desatualização do Processo de Certificação

Uma auditoria completa a uma loja de retalho é uma tarefa complicada devido à incerteza dos perfis de ocupação e de utilização dos diversos equipamentos, estando dependente da disponibilização da informação por parte dos funcionários que, devido ao funcionamento por turnos, pode não ser uma informação correcta e/ou detalhada. Além disso, a inexistência de uma monitorização interna dos consumos desagregados dos principais espaços impossibilita a sua medição para melhor aferir os perfis de utilização, havendo um desconhecimento, por parte dos responsáveis da loja, do que é que, efectivamente, está a consumir energia, e quanto, havendo apenas um conhecimento do consumo global. As medições energéticas são também realizadas durante um curto espaço de tempo, sendo posteriormente extrapoladas para períodos mais longos, tendo também um erro associado. A falta de evidências no levantamento da envolvente, em que a composição das paredes ou coberturas, ou da espessura dos isolamentos que as compõe, não permite que sejam considerados na determinação do respetivo coeficiente de transmissão térmica, obrigando a

adoção dos valores indicados na Nota Técnica NT-SCE-01 [19], valores esses que em grande parte dos casos prejudicam o edifício. A solução, neste caso, passaria por uma maior confiança na avaliação do perito quanto à composição de uma envolvente do edifício, ou pela adoção de coeficientes de transmissão térmica mais reduzidos na Nota Técnica NT-SCE-01. O mesmo se pode aplicar aos valores da eficiência do sistema de climatização constantes na Nota Técnica que, para bombas de calor com idade não superior a dez anos, corresponde a um COP de 4 e um EER de 3 quando, em média, os valores de eficiência de uma bomba de calor são inferiores aos da Nota Técnica, estando neste caso a beneficiar o edifício.

A legislação em vigor foi criada em 2006 e desde então não sofreu qualquer alteração. As Perguntas e Respostas da ADENE, que servem de apoio aos decretos, sofreram alterações em 2011, mas estas servem apenas para esclarecer algumas questões que tenham vindo a suscitar dúvidas nos regulamentos, não trazendo propriamente alguma alteração. Os perfis nominais existentes no regulamento encontram-se atualmente desactualizados mas alguns podem ser considerados inadequados desde que foram definidos. O exemplo indicado anteriormente, referente ao horário de abertura dos hipermercados aos domingos e feriados não é exemplo único. Na venda a grosso, temos um exemplo contrário, em que diversas lojas encerram aos domingos e feriados, ou cujo horário de funcionamento não ultrapassa as 18:00, embora os perfis nominais para esta tipologia não contemplem essas situações. Mesmo em termos de ventilação, em diversas lojas de venda a grosso não existe qualquer tipo de climatização, para além de uma unidade mural em um ou dois gabinetes. A exigência da definição de um sistema por defeito composto por uma resistência elétrica para aquecimento e uma bomba de calor para arrefecimento em alguns dos espaços, aliada ao horário de funcionamento da loja, traduz-se num consumo que na realidade não existe numa loja de venda a grosso, originando uma classe energética que não traduz a real eficiência energética do espaço.

A falta de um critério bem definido na aplicação de alguns pontos do regulamento é também um problema na certificação energética. Na definição de uma tipologia de um dado espaço ou conjunto de espaços, peritos diferentes a analisar um mesmo processo podem atribuir tipologias que, apesar de semelhantes, exibem perfis e densidades nominais diferentes, de acordo com o regulamento, como por exemplo, o caso dos restaurantes e pronto-a-comer. Outro exemplo pode ser em casos que não estejam propriamente contemplados na legislação, como uma estância termal, sendo discutível se as tipologias mais adequadas serão as de Estabelecimento de Saúde sem Internamento ou Estabelecimento de Saúde com Internamento, visto que uma não contempla a ocupação ao fim de semana (sem internamento) e outra contempla (com internamento). Embora uma estância termal não tenha internamento, os perfis nominais desta tipologia são mais adequados ao seu real funcionamento.

É necessária uma reavaliação da legislação de modo a tornar este processo mais justo e detalhado, tornando a classificação energética a mais acertada possível.



### 5.3.2. Promoção de Hábitos Eficientes

A certificação energética ainda continua a ser encarada, na maioria dos casos, apenas como uma obrigação, fugindo ao seu principal objectivo, que é tornar os edifícios mais eficientes energeticamente, reduzindo custos e diminuindo as concentrações de CO<sub>2</sub> emitidas. Em algumas superfícies de retalho, verifica-se uma falta de preocupação em manter hábitos eficientes por parte dos funcionários, deixando iluminação ligada quando os espaços não se encontram ocupados, ou mesmo mantendo portas que separam zonas refrigeradas de zonas não refrigeradas constantemente abertas, originando um maior consumo por parte do sistema de frio. Seria recomendável haver ações de formação para consciencializar os funcionários que a eficiência energética é uma obrigação de todos, e não apenas da entidade patronal, por todos beneficiarmos de um ambiente mais saudável. De igual modo, uma maior atenção deve ser dada aos expositores refrigerados no interior das lojas, optando por expositores fechados sempre que possível, e apelando ao fecho dos mesmos, quando o acesso ao seu interior já não for necessário, através de informação gráfica. A criação de incentivos, não apenas temporários, para implementação de medidas de eficiência energética, ou até mesmo uma maior divulgação de hábitos de utilização eficiente de energia neste tipo de setor, e não apenas no setor residencial, são recomendados.

### 5.3.3. Perspectiva de Trabalhos Futuros

Considera-se que os objectivos inicialmente propostos foram atingidos, nomeadamente na análise da eficiência energética de uma das tipologias tipo do setor de venda a retalho, através da determinação da sua classe de eficiência energética, e na determinação de algumas das principais barreiras à implementação de medidas de eficiência energética neste setor de atividade. Devido ao tempo reduzido para o desenvolvimento deste trabalho considera-se importante alargar esta análise a supermercados de maiores dimensões e a hipermercados de modo a ter uma visão mais alargada e abrangente do setor, e comparando com edifícios semelhantes em que medidas de eficiência energética estejam actualmente a ser postas em prática, de modo a ter uma real noção da influência que estas têm sobre a classe energética. Será também importante encontrar um método que facilite a definição dos perfis de ocupação e os perfis de utilização dos equipamentos, de modo a permitir uma melhor reprodução do real funcionamento dos edifícios para melhor avaliar os seus consumos.



# Referências

- [1] National Aeronautics and Space Administration, “Global Climate Change: Vital Signs of the Planet”, <http://climate.nasa.gov/> -> Key Indicators, Acedido em Fevereiro 2012.
- [2] Lomborg, B.; “The Skeptical Environmentalist”, The Press Syndicate of the University of Cambridge.
- [3] United Nations Framework Convention on Climate Change. <http://unfccc.int/>-> Essential Background -> The Science, Acedido em Fevereiro 2012.
- [4] Climate Change Knowledge Portal, <http://sdwebx.worldbank.org/>, Acedido em Fevereiro 2012.
- [5] Miller Jr., G. Tyler; “Living in the environment”, 12ª ed., Brooks/Cole, 2002.
- [6] Europe’s Energy Portal, <http://www.energy.eu> -> Environment -> Carbon Dioxide Emissions, Acedido em Fevereiro 2012.
- [7] Agência Europeia do Ambiente, <http://www.eea.europa.eu/>, Acedido em Março 2012.
- [8] Direcção-Geral de Energia e Geologia, <http://www.dgge.pt> -> Política Energética -> Caracterização Energética Nacional, Acedido em Fevereiro 2012.
- [9] Eco EDP, <http://www.eco.edp.pt>, Acedido em Fevereiro 2012.
- [10] Agência para a Energia, <http://www.adene.pt>, Acedido em Fevereiro 2012.
- [11] Portugal Eficiência 2015, “Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética”, <http://www.adene.pt>, Acedido em Fevereiro 2012.
- [12] Comissão das Comunidades Europeias, “Plano de Acção para a Eficiência Energética: Concretizar o Potencial”, Outubro de 2006.
- [13] Eficiencia Energética, <http://www.eficiencia-energetica.com/> -> Residencial -> Eficiência energetica em edifícios no sector Doméstico, Acedido em Março 2012.

## 82 Referências

- [14] Roland Berger - Strategy Consultants, “A evolução da concentração da indústria e da distribuição em Portugal”, Relatório final da Associação Portuguesa de Empresas de Distribuição, Março de 2009.
- [15] Associação Portuguesa de Empresas de Distribuição, “Ranking APED”, <http://www.aped.pt/> -> Documentação -> Ranking 2010, Agosto de 2011.
- [16] Comissão Europeia, “Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho”, 16 de Dezembro de 2002, pp. 65-71.
- [17] Ministério da Economia e da Inovação. “Decreto-Lei n.º 78/2006”, 4 de Abril de 2006.
- [18] Agência para a Energia, “Perguntas & Respostas sobre o SCE”, Março de 2009.
- [19] Agência para a Energia, “Nota Técnica NT-SCE-01: Método de cálculo simplificado para a certificação energética de edifícios existentes no âmbito do RCCTE”, Abril de 2009.
- [20] Agência para a Energia, “Perguntas & Respostas sobre o RSECE - Energia”, Maio de 2011.
- [21] Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, “Decreto-Lei n.º 79/2006”, 4 de Abril de 2006.
- [22] Diário da República, 2ª Série - Nº 69, Despacho n.º 10250/2008, “Modelo dos Certificados de Desempenho Energético e da QAI”, 8 de Abril de 2008, pp. 15550-15556.
- [23] Ministério da Economia e da Inovação, “Decreto-Lei n.º 21/2009”, Janeiro de 2009.
- [24] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, INC. “Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs”, <http://www.ashrae.org/> -> Standards, Research & Technology -> Standards Addenda, Acedido em Abril 2012.
- [25] DesingBuilder, <http://www.designbuilder.co.uk/>, Acedido em Abril 2012.
- [26] Pina dos Santos, Carlos A.; Cordeiro Matias, Luís M.; “ITE 50 - Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios”, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2008.
- [27] Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, “Decreto-Lei n.º 80/2006”, 4 de Abril de 2006.
- [28] Souza e Silva, Nuno; “Por uma utilização mais racional e eficiente de energia.” Instituto Francisco Sá Carneiro, Janeiro de 2010.
- [29] Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, “Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Eléctrica para 2011-2012.”, <http://www.erse.pt/> -> Eficiência Energética -> PPEC 2001-2012, Acedido em Junho 2012.

- [30] Jinbao, C; Ying, L.; Yanping, F.; “Improving Energy-efficiency in Public Buildings in China: Challenges and Solutions”, Computational Intelligence and Software Engineering (CiSE), 2009.
- [31] Energias de Portugal, “Serviços de Energia.”, <http://www.edp.pt/> -> Empresas -> Serviços de Energia -> Serviços de Eficiência Energética, Acedido em Junho 2012.
- [32] Retail Forum for Sustainability, “Issue Paper on the Energy Efficiency of Stores”, <http://ec.europa.eu/environment/industry/retail/> -> The Issue Papers, Setembro 2009.



# Anexo

Tabela A.1 - Resumo dos espaços e respetivos caudais.

Tipol.	N.ºZona DB	Espaço	Areas	Tipo	Ocupação Real	Pe Direito (m)	Caudal Nominal			Caudal de Ar Novo Insuflação (m3/h)
							m3 / (h ocupante)	m3 / (h m2)	Eficiência de ventilação espaço a espaço	
1	01	Armazém	71.0	CA		5.8				1000
1	02	Casa das Máquinas	14	N		5.5				
1	03	F - Circulação Climatizada 1	96	U		3.1		5	0.8	600
1	04	Quentes	14	U	2	3.1	30	5	0.8	200
1	05	F - Frutas e Legumes	7	U	1	3.1	30	5	0.8	200
1	06	F - Talho	8	U	3	3.1	30	5	0.8	250
1	07	F - Peixaria	5	U	2	3.1	30	5	0.8	200
1	08	Limpeza	5	U		3.1				
1	09	Quadros	5	N		3.1				
1	10	F - Circulação Climatizada 2	11	U		3.1		5	0.8	200
1	11	Padaria	34	U	3	3.1	30	5	0.8	300
1	12	Ante-Câmara	3	U		3.1				
1	13	Embalagens	4	U		3.1				
1	14	Copa	4	U	1	3.1	30	5	0.8	200
1	15	Circulação	17	U		3.1		5	0.8	200
1	16	Sala de Convívio	10	U	6	3.1	35		0.8	300
1	17	Balneário Homens	9	U		3.1		10	0.8	475
1	18	IS Masculino	3	U		3.1				
1	19	IS Feminino	3	U		3.1				
1	20	Balneário Mulheres	17	U		3.1		10	0.8	
1	21	Informática	11	U	3	3.0	35	5	0.8	200
1	22	IS Masculino	6	U		3.0				
1	23	IS Feminino	6	U		3.0				
1	24	Vendas	705	U	142	3.2	30	5	0.8	14210
1	25	Corta-Vento	15	U		3.0				
1	26	F - Lixo	5	N		3.0				
1	27	F - CAM 1	29	U		3.1				
1	28	F - CAM 2	4	U		3.1				
1	29	F - CAM 3	7	U		3.1				
1	30	F - CAM 4	14	U		3.1				

Tabela A.2 - Resumo dos espaços e respetivas densidades.

Tipol.	N.ºZona DB	Espaço	NOMINAL				Iluminação (Real ou Nominal) [w/m2]	REAL			
			Caudal Nominal [l/s m2]	Ren/h Nominal	Densidade Ocup. Nominal [m2/pessoa]	Densidade Equip. Nominal [W/m2]		Caudal [l/s m2]	Ren/h	Densidade Ocup. Real [pessoas/m2]	Densidade Equip. Real [W/m2]
1	01	Armazém					4.29	3.9	2.4		28.17
1	02	Casa das Máquinas					4.35				0.00
1	03	F - Circulação Climatizada 1	2.6	3.0	5	9.00	10.15	1.7	2.0		12.08
1	04	Quentes	3.3	3.9	5	9.00	13.05	4.0	4.6	0.14	2,693.64
1	05	F - Frutas e Legumes	4.5	5.2	5	9.00	17.40	7.9	9.2	0.14	91.57
1	06	F - Talho	3.9	4.5	5	9.00	22.84	8.7	10.1	0.38	17.63
1	07	F - Peixaria	6.3	7.3	5	9.00	24.36	11.1	12.9	0.40	2.20
1	08	Limpeza			5	9.00	12.18				0.00
1	09	Quadros					12.18				0.00
1	10	F - Circulação Climatizada 2	2.6	3.0	5	9.00	11.07	5.1	5.9		2.91
1	11	Padaria	3.2	3.7	5	9.00	17.91	2.5	2.8	0.09	3,539.74
1	12	Ante-Câmara			5	9.00	20.30				0.00
1	13	Embalagens			5	9.00	15.23				280.00
1	14	Copa	3.9	4.5	5	9.00	15.23	13.9	16.1	0.25	45.00
1	15	Circulação	2.6	3.0	5	9.00	14.33	3.3	3.8		0.00
1	16	Sala de Convívio	5.5	6.4	5	9.00	12.18	8.3	9.7	0.60	128.20
1	17	Balneário Homens	5.2	6.0	5	9.00	10.97	14.7	17.0		0.00
1	18	IS Masculino			5	9.00	20.30				0.00
1	19	IS Feminino			5	9.00	20.30				0.00
1	20	Balneário Mulheres	5.2	6.0	5	9.00	9.39				0.00
1	21	Informática	5.0	6.0	5	9.00	11.07	5.1	6.1	0.27	168.18
1	22	IS Masculino			5	9.00	10.15				0.00
1	23	IS Feminino			5	9.00	10.15				0.00
1	24	Vendas	3.1	3.5	5	9.00	23.82	5.6	6.3	0.20	30.38
1	25	Corta-Vento			5	9.00	20.16				0.00
1	26	F - Lixo					12.18				0.00
1	27	F - CAM 1			5	9.00	0.00				0.00
1	28	F - CAM 2			5	9.00	0.00				0.00
1	29	F - CAM 3			5	9.00	0.00				0.00
1	30	F - CAM 4			5	9.00	0.00				0.00

Tabela A.3 - Áreas por tipo de espaço.

	Tipologia 1	
	Áreas (m2)	Pé Direito (m)
	<b>Supermercado</b>	
Armazém (CA)	71.0	5.8
Estacionamento (CE)		
Cozinha (CC)		
Lavandaria (CL)		
Área Útil Tipologia	1047.0	3.2
Espaços Não Úteis	24.0	4.5
Área Cálculo IEE	<b>1118.0</b>	<b>3.3</b>
Área Total tipologia (m2)	<b>1142.0</b>	<b>3.4</b>



Tabela A.4 - Consumos e densidades de iluminação por tipo de espaço.

<u>Consumos de Iluminação (kWh)</u>	Total Edifício
Total	104833
Area Util Pavimento	103197
Espaços Não Utéis	88
Complementar Armazem (CA)	1547
<u>Densidades de Iluminação (W/m<sup>2</sup>)</u>	Total Edifício
Total	18.50
Area Util Pavimento	19.72
Espaços Não Utéis	7.61
Complementar Armazem (CA)	4.29

Tabela A.5 - Consumos e densidades de equipamento por tipo de espaço.

<u>Consumos de Equipamento (kWh)</u>	Total Edifício
Total	63775
Util Pavimento	62323
Não Util	0
Complementar Armazem (CA)	1452
<u>Densidades de Equipamento (W/m<sup>2</sup>)</u>	Total Edifício
Total	164.53
Util Pavimento	177.55
Não Util	0.00
Complementar Armazem (CA)	28.17

Tabela A.6 - Consumos de ventilação e bombas.

Consumos (kWh)	Total
Ventiladores; Outros (Aquecimento)	9720.0
Ventiladores; Outros (Aquecimento/Arrefecimento)	5357.9
Outros:(Ventiladores)	12062.5
Outros:(Bombas)	766.7