

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**O Sistema de Certificação Energética Português
Certificação de Edifícios**

Pedro Miguel Costa Monteiro Marques

Dissertação realizada em ambiente empresarial, no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Major Energia

Orientador: Professor Doutor Artur Costa
Supervisora: Eng.^a Marta Fidalgo

18-07-2012

Resumo

Este documento apresenta uma análise detalhada a todo o Sistema de Certificação Energética (SCE) que vigora em Portugal na data da sua realização, através dos Decretos-Lei n.º 78, 79 e 80, de 2006. A dissertação foi elaborada em ambiente empresarial, na empresa Energyband - Novas Energias, Lda., e essa experiência permitiu obter uma visão bastante profissional sobre toda a estrutura que suporta o SCE. Assim, este documento não se preocupa só com a vertente académica da legislação, com introspeções à forma como funciona, mas tem sempre em atenção uma visão económica e realista sobre o assunto.

De modo a proceder à verificação experimental de toda a legislação, procedeu-se à simulação e classificação de vários edifícios no âmbito do SCE. As mesmas simulações foram sistematicamente modificadas de maneira a reproduzir a aplicação de melhorias em cada edifício e, assim, observar e comentar as alterações dos valores obtidos.

Após a análise à legislação existente, a dissertação entra numa área menos experimental, que teve como mote a revisão legislativa do SCE, que será lançada brevemente. São apresentados alguns pontos fracos da legislação e possíveis metodologias de resolução, ou pelo menos de atenuação, desses problemas. É também debatida a questão da Eficiência Energética, já que foi a principal razão por detrás da criação do SCE.

Por último, sendo a certificação energética responsável pela criação de um novo *cluster* industrial que, de resto, é fundamental à sua aplicação, analisa-se a performance das empresas nacionais e apresenta-se um panorama geral do seu futuro. O documento tem o cuidado de justificar devidamente todas as afirmações, tanto com documentos externos citados nas referências, como com conclusões que foram sendo retiradas ao longo do mesmo.

Palavras-chave: Sistema de Certificação Energética (SCE), Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE), Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), DesignBuilder, RCCTE-STE.

Abstract

This document presents a detailed analysis to the entire Energetic Classification System (SCE) in force in the time of its realization, through the Decrees-Law n. ° 78, 79 and 80, of 2006. This thesis was created and developed in corporative environment, in the company Energyband - Novas Energias, Lda., and that experience was crucial to the professional analysis performed to the whole structure of SCE. Hence, this document is not focused only in the academic analysis to the current legislation; it adopts an economical and realistic posture in all analysis and conclusions.

In order to verify experimentally the analyzed legislation, several simulations were performed in real buildings and their classifications calculated. The same simulations were systematically adapted in order to quantify, in its final consumption and classification, the energetic improvements produced by several modifications induced in the original building.

After the analysis to the current legislation, the dissertation runs through a less experimental area that has as its motto the SCE legislative revision that will occur in a brief time. It is presented too some strengths and weaknesses of the current legislation and possible ways of correction, or at least attenuation, of the indentified problems. Is it also tackled the Energetic Efficiency issue, since it was the main reason behind the creation of SCE.

Finally, being energetic certification the main responsible for the creation of a new industrial cluster, which is fundamental to its application, it is analyzed the performance of Portuguese companies in this area, and created a possible scenario of their development. The document has the care to always justify properly all the statements, whether recurring to external documents cited in the references, or with conclusions formulated before.

Key-words: Energetic Certification System (SCE), Regulation of Energetic and HVAC Systems in Buildings (RSECE), Regulation of Buildings Characteristics and Thermal Behavior of (RCCTE), DesignBuilder, RCCTE-STE.

Agradecimentos

Gostaria de prestar os meus sinceros agradecimentos:

À **Energyband - Novas Energias**, pela oportunidade e pelas condições oferecidas;

Ao **Prof. Dr. Artur Costa**, que me guiou e aconselhou durante toda a dissertação, e que se revelou sempre disponível - nas alturas necessárias encontrou sempre um buraco na sua ocupada agenda;

À **Eng^a Marta Fidalgo**, pelo acompanhamento dentro da empresa, transmissão da sua experiência e saber, e, sempre que solicitado, pelo esclarecimento de dúvidas, de um modo claro e paciente;

À **Eng^a Catarina Abrantes**, pela sua ajuda, paciência, sugestões e comentários. Revelou ser uma ajuda preciosa tanto na realização da dissertação como na adaptação às metodologias de trabalho;

A **todos meus amigos**, pois não há nada mais importante que a amizade, em especial ao **Miguel** e o **André**, por serem excelentes pessoas, e amigos com quem posso contar sempre;

À **Iga**, que me acompanhou durante toda esta jornada, sendo um poço de energia e de otimismo, que me fez sorrir e levantar a cabeça mesmo nas condições mais adversas;

Ao **meu pai**, por saber que posso contar sempre com ele e por ter sido durante toda a minha vida uma ajuda e um exemplo irrepreensível;

À **minha mãe**, que é a principal responsável por tudo o que sou hoje, pelo caminho que percorri até agora, e, acima de tudo, pelo orgulho que sinto em ser seu filho.

A todos, um muito obrigado.

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos	vii
Índice	ix
Lista de figuras.....	xi
Lista de tabelas	xv
Abreviaturas e Símbolos	xix
Capítulo 1 - Introdução	1
1.1 - Objetivos	2
1.2 - Estrutura do Documento.....	2
Capítulo 2 - Fundamentos de/sobre Política Energética	5
2.1 - O conceito de sustentabilidade	6
2.2 - O Panorama Energético Mundial	8
2.3 - A sustentabilidade no Mundo e na Europa	13
2.4 - A sustentabilidade em Portugal	20
2.4.1 - Abordagem Histórica da Legislação Portuguesa	21
2.4.2 - O Sistema de Certificação Energética	24
2.4.3 - O Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE)	29
2.4.4 - O Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização em Edifícios (RSECE)	30
2.5 - Conclusão	32
Capítulo 3 - A Aplicação do Sistema de Certificação Energética.....	35
3.1 - Métodos Normalizados de Classificação.....	36
3.1.1. RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios.....	36
3.1.2. RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização em Edifícios....	42
3.2 - O Mercado Energético criado pelo SCE.....	47
3.3 - Melhorias no consumo energético.....	52
3.3.1. Áreas de atuação.....	53
3.3.1.1. Iluminação	54
3.3.1.2. Transmissão térmica da Envolvente	59
3.3.1.3. Envolvente Transparente	68
3.3.1.4. Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC)	72
3.3.1.5. Preparação de Águas Quentes Sanitárias (AQS)	75

3.3.1.6.	Equipamento	79
3.3.1.7.	Outros	79
3.3.2.	Visão Global	80
3.4 -	Atualização da legislação	80
3.5 -	Conclusão	81
Capítulo 4 -	Casos de Estudo da Aplicação do SCE.....	83
4.1 -	Introdução	83
4.2 -	Análise ao <i>software</i> existente	84
4.3 -	Caso de Estudo 1 - Edifício Superfície Comercial	90
4.3.1.	Pressupostos	90
4.3.2.	A Simulação Nominal	93
4.3.3.	Aplicação de Melhorias	94
4.3.3.1.	Iluminação	94
4.3.3.2.	Cobertura	98
4.3.3.3.	Pavimento	99
4.3.3.4.	Climatização	99
4.3.3.5.	Paredes Exteriores	101
4.3.3.6.	Paredes Interiores.....	102
4.3.4.	Conclusões	103
4.4 -	Caso de Estudo 2 - Fração de Escritórios Existente.....	105
4.4.1.	Pressupostos	105
4.4.2.	A Simulação Nominal	107
4.4.3.	Aplicação de Melhorias	107
4.4.3.1.	Iluminação	108
4.4.3.2.	Envolvente Transparente	109
4.4.4.	Conclusões	110
4.5 -	Outros edifícios	112
4.6 -	Conclusão	115
Capítulo 5 -	Reflexão sobre o SCE	117
5.1 -	A Eficiência Energética	117
5.2 -	Problemas apontados ao sistema vigente	119
5.2.1.	As Classes da Classificação Energética.....	119
5.2.2.	A Utilização da unidade W/m ²	120
5.2.3.	O fator iluminação.....	120
5.2.4.	A fiscalização.	121
5.2.5.	Indefinições quanto ao <i>software</i> a utilizar.	121
5.2.6.	A falta de manutenção dos sistemas AVAC.	122
5.2.7.	O método de cálculo utilizado para a limitação de consumos no RCCTE.	122
5.2.8.	O papel das renováveis no RCCTE.	123
5.2.9.	Renováveis no RSECE.	123
5.2.10.	Os caudais de renovação de ar.....	124
5.2.11.	A contabilização do equipamento.	124
5.2.12.	Indefinições quanto à lógica dos espaços definidos no RSECE.....	125
5.3 -	Análise Global do SCE	125
Capítulo 6 -	Conclusões.....	133
Referências	135	

Lista de figuras

Figura 2.1- A escalada do preço do petróleo após a crise de 1973. [3]	7
Figura 2.2 - Constituintes de um desenvolvimento sustentável. [6]	7
Figura 2.3 - Consumo de energia total mundial, em quadBTU, estando a azul o correspondente aos países da OCDE. [10]	8
Figura 2.4 - Evolução do preço do petróleo após a crise de 1973, em dólares. [3]	9
Figura 2.5 - Consumo doméstico de eletricidade anual por continente, em GTep. [8]	10
Figura 2.6- Previsão da evolução do consumo total anual por continente em quadBTU [13] ..	10
Figura 2.7 - Percentagem de renováveis no consumo de eletricidade, com a América Latina no eixo da direita. [8]	11
Figura 2.8 - Produção elétrica mundial por tipo de combustível, em 10 ¹² kWh. [13]	11
Figura 2.9 - Crescimento da produção e consumo de energia elétrica. [13]	12
Figura 2.10 - Produção de eletricidade através de renováveis na China, em 10 ⁹ kWh. [13] ...	12
Figura 2.11 - Mapa mundial referente à adesão ao Protocolo de Quioto. [21]	14
Figura 2.12 - Custos de produção em larga escala de energia. [10]	17
Figura 2.13 - Apoio governamental global às energias renováveis. Outras renováveis contêm Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCH), Geotérmicas e maremotriz. [10]	18
Figura 2.14 - Evolução do consumo anual <i>per capita</i> em Portugal. [33]	20
Figura 2.15 - Cronologia referente à legislação.	24
Figura 2.16 - Consumo de energia final em Portugal por sector, em 2010. [43]	24
Figura 2.17 - Fontes de energia por área de consumo em 2010. [43]	25
Figura 2.18 - Crescimento do consumo nas áreas referidas, em ktep. A picotado, o seu peso no consumo total anual (eixo da direita). [43]	25
Figura 2.19 - Modelo de um Certificado energético. [44]	26
Figura 2.20 - Total de Certificados emitidos por ano. [47]	27

Figura 2.21 - Esquema organizativo do SCE. [44]	28
Figura 2.22 - Quantificação das perdas térmicas em edifícios [53].....	29
Figura 3.1 - Distribuição das zonas climáticas de Inverno (à esquerda) e verão (à direita) pelo país. [38]	37
Figura 3.2 - Exemplo de perfil de utilização empregue na obtenção do IEE nominal. [38]	46
Figura 3.3 - Etapas de certificação [44].	51
Figura 3.4 - Distribuição dos consumos residenciais em Portugal e na Europa, em 2010. [33] [55]	53
Figura 3.5 - Distribuição dos consumos em edifícios de serviços na Europa. [55]	53
Figura 3.6 - Média dos consumos analisados em diferentes auditorias energéticas.	54
Figura 3.7 - Área sem e com dispositivo de distribuição de iluminação natural [61].....	58
Figura 3.8 - Tipo de isolamento aplicado a paredes exteriores. [64]	64
Figura 3.9 - Tipos de isolantes térmicos aplicados a coberturas. [64]	65
Figura 3.10 - Ilustração de soluções de isolamento térmicos em pavimentos. [64]	66
Figura 3.11 - Ilustração de soluções de isolamento térmico para os envidraçados. [64]	67
Figura 3.12 - Diferença da incidência solar no inverno (esquerda) e no verão (direita).	70
Figura 3.13 - Princípio de funcionamento de um sistema <i>SolarWall</i> . [65]	74
Figura 3.14 - Interface do <i>software</i> SOLTERM.	77
Figura 4.1 - Interface gráfica do programa Designbuilder.....	86
Figura 4.2 - Exemplo de evolução da modelização de um edifício no Designbuilder.	86
Figura 4.3 - Introdução da envolvente de uma zona a simular.	88
Figura 4.4 - Edifício pronto a simular em ambiente HAP 4.5.	89
Figura 4.5 - Introdução de dados no RCCTE-STE 3.6.	89
Figura 4.6 - Simulação da superfície comercial.	90
Figura 4.7 - Imagem da incidência da luz solar no espaço interior, retirada do DesignBuilder.	96
Figura 4.8 - Comparação entre perfis nominais e reais. [38]	97
Figura 4.9 - Variação do consumo anual, em kWh, com o EER do equipamento AVAC.	100
Figura 4.10 - Planta da fração autónoma de Escritório a avaliar.	105
Figura 4.11 - Tipo de luminárias utilizadas na fração de escritórios.	108
Figura 4.12 - Tipo de envidraçados que constituem a envolvente do edifício.	110

Figura 4.13 - Imagem virtual do edifício 1 a simular.	112
Figura 4.14 - Simulação em DesignBuilder do edifício 1.	113
Figura 4.15 - Edifício 2.....	113
Figura 4.16 - Edifício 3.....	114
Figura 4.17 - Edifício 4.....	114
Figura 4.18 - Edifício 5.....	114
Figura 5.1 - Evolução da certificação de janeiro de 2009 a abril de 2012. [71]	126
Figura 5.2 - Distribuição dos certificados	127
Figura 5.3 - Certificados emitidos VS potencial classificação com implementação de melhorias identificadas pelos PQ. [71]	128
Figura 5.4 - Percentagem de propostas de melhoria identificadas em edifícios de serviços. [71]	129
Figura 5.5 - Percentagem de propostas de melhoria identificadas em edifícios de habitação. [71]	129

Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Valores de emissões de CO ₂ segundo o Protocolo de Quioto. [23]	14
Tabelas 2.2 Top de países com penetração de renováveis na produção de energia elétrica em 2010 (à esquerda), e top de países com maior variação de 1990 a 2010. [8].....	19
Tabela 2.3 - Top de desempenhos em relação ao Protocolo de Quioto em 2009. [23].....	21
Tabela 2.4 - Âmbito de aplicação do SCE. [44].....	27
Tabela 3.1 -Classificação final RCCTE [54]	42
Tabela 3.2 - Limites de consumo energético por tipo de edifício.....	43
Tabela 3.3 - Tipos de IEE. [46]	45
Tabela 3.4 - Classificação no âmbito do RSECE [54].....	46
Tabela 3.5 - Análise estatística aos preços praticados.	48
Tabela 3.6 - Comparação entre principais mercados energéticos europeus, em 2010. [56] ...	49
Tabela 3.7 - Comparação de características de diferentes tipos de lâmpadas [59] [60]	56
Tabela 3.8 - Algumas melhorias que demonstram a importância da iluminação.	56
Tabela 3.9 - Iluminações padrão por tipo de atividade. [62]	58
Tabela 3.10 - Medidas de melhoria de iluminação e respetivos <i>paybacks</i> . [61]	59
Tabela 3.11 - Valores médios da temperatura do ar exterior e da intensidade da radiação solar. [38].....	61
Tabela 3.12 - Teste aos valores da envolvente, para $\alpha=0,4$	61
Tabela 3.13 - Teste aos valores da envolvente, para $\alpha=0,8$	62
Tabela 3.14 - Exemplo de benefício da aplicação de isolante. [63]	63
Tabela 3.15 - Descrição dos tipos de isolamento ilustrados na Figura 3.8. [64].....	64
Tabela 3.16 - Descrição das soluções ilustradas na Figura 3.9. [64].....	65
Tabela 3.17 - Descrição das soluções ilustradas na figura acima. [64].....	66

Tabela 3.18 - Descrição das soluções ilustradas na figura anterior. [64]	67
Tabela 3.19 - Valores típicos de U para diferentes tipos de envidraçados. [63]	68
Tabela 3.20 - Coeficiente de redução (inverno verão) referente à aplicação de palas horizontais em envidraçados, agrupado pela sua orientação. [38]	70
Tabela 3.21 - Coeficiente de redução (inverno verão) referente à aplicação de palas verticais em envidraçados, agrupado pela sua orientação. [38]	70
Tabela 3.22 - Valores típicos do fator solar para diferentes tipos de dispositivos de proteção solar. [38]	71
Tabela 3.23 - Comparação entre diferentes sistemas de AQS. [64]	76
Tabela 3.24 - Custo anual de energia evitada pela instalação de 4 m ² de um SST. [64]	78
Tabela 4.1 - <i>Softwares</i> acreditados pela norma ASHRAE [52]	84
Tabela 4.2 - Principais diferenças entre <i>softwares</i> de acordo com a norma ASHRAE. [67][68][69]	85
Tabela 4.3 - Distribuição da área total de 3.078,4 m ² , por tipologia descrita no anexo XV. ..	91
Tabela 4.4 - Pressupostos nominais utilizados para a classificação energética do edifício. ...	91
Tabela 4.5 - Consumos anuais referentes aos perfis constantes da tabela anterior.	92
Tabela 4.6 - Valores utilizados para as soluções construtivas	92
Tabela 4.7 - Valores ponderados necessários para obter a classificação do edifício.	93
Tabela 4.8 - Valores limites por classificação para o caso em análise.	93
Tabela 4.9 - Consumos obtidos da simulação nominal.	94
Tabela 4.10 - Classificação energética do edifício no âmbito do RSECE.	94
Tabela 4.11 - Valores simulados utilizando reguladores de fluxo.	95
Tabela 4.12 - Dados de simulação referentes à aplicação de 5 cm de Mineral Wool (MW). ...	98
Tabela 4.13 - Classificação que se obtém com os dados da tabela anterior.	98
Tabela 4.14 - Dados referentes à simulação do edifício com isolante no pavimento.	99
Tabela 4.15 - Classificação obtida com os dados da tabela anterior.	99
Tabela 4.16 - Cargas térmicas obtidas da simulação nominal.	100
Tabela 4.17 - Cálculo das variações que o EER permite, tanto na carga de arrefecimento como no IEE.	100
Tabela 4.18 - Variação de consumos de arrefecimento com a variação do set-point do equipamento.	101
Tabela 4.19 - Resumo das experiências realizadas.	103
Tabela 4.20 - Comparação do mesmo edifício com diferentes tipologias aplicadas.	104

Tabela 4.21 - Diferença de consumos nominais utilizando versões diferentes do mesmo programa.....	104
Tabela 4.22 - Classificação referente à tabela anterior.	104
Tabela 4.23 - Resultado do levantamento da potência de iluminação instalada.	105
Tabela 4.24 - Envolvente utilizada para a simulação nominal deste edifício.	106
Tabela 4.25 - Escala classificativa do imóvel em estudo.	106
Tabela 4.26 - Resultado da simulação nominal no <i>software</i> RCCTE-STE 3.6.	107
Tabela 4.27 - Classificação da fração de escritórios.	107
Tabela 4.28 - Consumos obtidos através da simulação RCCTE-STE da fração.....	109
Tabela 4.29 - Classificação obtida com os consumos da tabela anterior.	109

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas

ADENE	Agência para a Energia.
AQS	Águas Quentes Sanitárias.
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado.
CE	Certificado de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior.
COP	Coefficient of Performance
CSP	Concentrated Solar Power.
DCR	Declaração Conformidade Regulamentar.
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia.
ECEEE	European Council for Energy Efficient Economy.
EER	Energy Efficiency Ratio
EIA	United States Energy Information Association.
ENE	Estratégia para a Energia.
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive.
ESCo	Energy Service Company.
ESP	Energy Service Provider.
GES	Grande Edifício de Serviços.
IEA	International Energy Agency.
IEE	Indicador de Eficiência Energética.
INE	Instituto Nacional de Estatística.
ITeCons	Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção.
JRC	Joint Research Centre.
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
NZEB	Near-Zero Energy Building.
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico.
OPAEP	Organização dos Países Árabes Exportadores de Petróleo.
PACQAI	Plano de Ações Corretivas de Qualidade do Ar Interior.
PES	Pequeno Edifício de Serviços.

PNAEE	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética.
PNBEPH	Plano Nacional de Barragens de Elevado Potencial Hidroelétrico.
PRE	Plano de Racionalização Energética.
PQ	Perito Qualificado.
PV	Plano de Verificação.
QAI	Qualidade do Ar Interior.
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios.
RSECE	Regulamento para Sistemas Energéticos e de Climatização em Edifícios.
SCE	Sistema de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior.
SST	Sistema Solar Térmico

Lista de símbolos

A_p	Área útil de pavimento.
GD	Graus-dia.
E_{solar}	Contribuição de sistemas solares térmicos para o aquecimento de AQS.
IEE	Índice de Eficiência Energética.
Kgep	Quilograma equivalente de petróleo.
N_{ac}	Necessidades de energia para preparação de Água Quente Sanitária.
N_a	Necessidades de energia para AQS limite.
N_{ic}	Necessidades de aquecimento em condições nominais.
N_i	Necessidades de aquecimento limite.
N_{vc}	Necessidades de arrefecimento em condições nominais.
N_v	Necessidades de arrefecimento limite.
N_{tc}	Necessidades anuais globais estimadas de energia primária.
N_t	Necessidades anuais globais.
Q_{aq}	Consumo de energia de aquecimento.
Q_{arr}	Consumo de energia de arrefecimento.
Q_{out}	Consumo de energia não ligada a processos de aquecimento ou arrefecimento.
R_j	Resistência térmica da camada j.
R_{se}	Resistencia térmica superficial exterior.
R_{si}	Resistência térmica superficial interior.
Tep	Tonelada equivalente de petróleo.
U	Coeficiente térmico.

Capítulo 1

Introdução

Este documento foi realizado no âmbito da Unidade Curricular Dissertação, do Mestrado Integrado de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (MIEEC), em parceria com a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), e a empresa Energyband - Novas Energias, Lda. A orientação foi levada a cabo pelo Prof. Artur Costa, da FEUP, que foi complementada com a supervisão da Eng.^a Marta Fidalgo, na empresa. Ambos desempenharam um papel fundamental no decorrer dos cinco meses em que foi elaborada a dissertação, pois permitiram manter o bom rumo do trabalho efetuado, além de mostrarem sempre disponibilidade para o esclarecimento das variadas questões que foram surgindo. De salientar que, por motivos de sigilo profissional, vários dados presentes nesta dissertação possuem omissões propositadas de modo a respeitar o regime de confidencialidade que a empresa oferece na prestação dos seus serviços.

Foi também criado um sítio Web que possui atualizações do trabalho desenvolvido durante todo o período de realização da dissertação, e que pode ser consultado em:

<https://sites.google.com/site/teseegy/>

O tema principal desta dissertação era, numa fase inicial, “*A simulação dinâmica de um Grande Edifício de Serviços integrada numa Auditoria Energética no âmbito do RSECE - DL 79/2006*”, mas, com a evolução do trabalho efetuado verificou-se que esse título revelava pouco sobre o que estava a ser desenvolvido. Assim, foi proposta a alteração do título para o atual, que vai mais de encontro com o trabalho aqui realizado: a análise a toda a estrutura do Sistema de Certificação Energética (SCE), Decreto-Lei n.º 78/2006, que engloba também o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE), Decreto-Lei n.º 79/2006, e o Regulamento das Características de Comportamento Térmico (RCCTE), Decreto-Lei n.º 80/2006.

1.1 - Objetivos

O principal objetivo deste documento é analisar a atual estrutura do SCE, tendo sempre em mente a revisão que ocorrerá brevemente. Não sendo possível ter acesso sobre quais serão em concreto essas alterações, vai ser elaborado uma análise detalhada a todo o sistema que vigora atualmente, encontrando os seus pontos fortes e fracos, de modo a assim poder oferecer ao leitor uma sensibilidade sobre quais os aspetos a melhorar na revisão do novo regulamento. De um modo estruturado, apresentam-se algumas soluções para problemas que foram encontrados no decorrer da realização do trabalho.

Aquando do lançamento do novo pacote SCE, este documento poderá ainda servir como base de comparação às alterações lançadas, já que nele contém explicações de todo o corpo da legislação atual. Dentro do possível, pretende-se também fazer uma análise às (poucas) alterações ao sistema que foi possível ter conhecimento, que, no entanto, tornam-se um pouco limitadas pela pouca especificidade da documentação disponibilizada sobre o tema pelas entidades responsáveis.

1.2 - Estrutura do Documento

O documento começa por abordar a problemática energética atual no panorama mundial, nas secções 2.1 a 2.3, de modo a dar a entender ao leitor o porquê do aparecimento desta legislação. Na secção 2.4, já se entra em detalhe sobre a situação em Portugal, oferecendo uma primeira análise superficial a todo o pacote SCE, ao mesmo tempo que se compila uma evolução cronológica da Política Energética do País das últimas décadas.

No capítulo 3, é elaborada uma análise extensiva da legislação, tendo em conta todo o processo de certificação e os cálculos matemáticos implicados (secção 3.1). Na secção 3.2 faz-se uma abordagem simples ao *cluster* do mercado energético criado em Portugal com o surgimento do SCE e com o aparecimento de empresas qualificadas a realizar certificações energéticas dos edifícios. Na secção 3.3 são utilizados os conhecimentos obtidos anteriormente para analisar detalhadamente quais os métodos possíveis de melhorar a classificação energética de um edifício, tendo também em conta as fórmulas de cálculo anteriormente analisadas. Por último, é elaborada, ainda neste capítulo, uma lista de algumas melhorias futuras que a ADENE - Agencia para a Energia, entidade responsável pelo SCE, tem em vista para a próxima atualização do Decreto-Lei.

O capítulo 4 é elaborado maioritariamente recorrendo a *softwares* de simulação dinâmica. Antes de simular os edifícios no âmbito do SCE, é primeiramente elaborada uma breve análise aos programas que mais regularmente são utilizados na execução destas tarefas, para poder ter alguma visão critica sobre a qualidade dos programas oferecidos. Posteriormente será utilizado o DesignBuilder e o *software* nacional RCCTE-STE, desenvolvido

pelo INETI, para simular alguns edifícios e a aplicação de algumas melhorias, por forma a verificar experimentalmente o que teria sido concluído no capítulo anterior.

O capítulo 5 é o culminar de toda a aprendizagem que a realização deste documento ofereceu, é o *core* principal de toda a dissertação e de todo o trabalho realizado. Possui variadas conclusões, devidamente fundamentadas, sobre qual o rumo que deverá seguir o próximo pacote legislativo de modo a garantir a evolução sustentável das empresas energéticas nacionais (ESCo), tendo sempre como base um SCE que terá que promover medidas que incidam sobre esse mesmo tema.

O documento encerra com o capítulo 6, onde se conclui sobre o essencial do trabalho desenvolvido e se apresentam algumas perspetivas para a sua continuação futura.

Capítulo 2

Fundamentos de/sobre Política Energética

Longe vão os tempos em que as fontes de energia não constituíam uma preocupação global, em que não se falava em grandes problemas ambientais e nem sequer se punha em causa a inabitabilidade do nosso planeta para as gerações futuras. Nesses tempos, vivia-se um clima de impunidade perante a destruição da mãe-natureza e a indulgência para com este tipo de comportamento/mentalidade ia-se agravando. No plano político, não havia a mínima preocupação em fazer diminuir a pegada ecológica¹: a construção era feita de uma forma desregulada, sem qualquer tipo de rigor com o material utilizado; os automóveis eram potentes e ruidosos, o que originava elevados consumos e níveis de emissões astronómicos; a penetração da energia renovável no globo era irrisória; putativos conceitos ecológicos eram globalmente ignorados e geravam pouca consternação. Nesse tempo, a população era feliz e irresponsável, tal como uma criança no jardim-de-infância que só pensa em brincar, sem problemas, responsabilidades ou preocupações.

Hoje em dia, a realidade é bem diferente: eficiência é palavra de ordem em todo o equipamento que necessite de energia para operar, independentemente de se estar a falar de um comando de televisão, de um automóvel, do aquecimento, iluminação, etc.; os governos recompensam a aposta em energias não poluentes através de incentivos fiscais; existe uma preocupação com o cultivo e valorização de uma sensibilidade ecológica, que outrora não existia; somos incessantemente alvos de campanhas pró-ativas, que nos introduzem novas maneiras de diminuirmos a nossa pegada ecológica. Agora, a criança entrou na fase adulta e está mais madura, mais ponderada. Tem agora uma visão bem delineada dos objetivos para a sua vida, mas, mesmo assim, tem um árduo caminho a percorrer, com a única garantia que o seu sucesso dependerá apenas do modo como atacar os obstáculos e dificuldades que enfrentar.

Esta comparação serve não só como metáfora para a evolução de mentalidades a que o mundo tem vindo a assistir, mas também à relação entre o ecossistema e o ser humano. Mesmo tendo os objetivos bem delineados, ao sofrer uma mudança de rumo inesperada poderão nunca ser atingidos por muito que se tente, pois isso poderá deixar de depender

¹ Medida da quantidade de recursos naturais necessária para satisfazer as gerações atuais. [1]

apenas do próprio indivíduo. Provavelmente, um dia, arrepende-se de todas as oportunidades desperdiçadas, mas será tarde demais. O mesmo se aplica ao planeta Terra. Não basta criar medidas para preservar o meio ambiente, é preciso aceitá-las, interiorizá-las e incuti-las em todas as nações e culturas, porque, se não se lutar como um todo para atingir este objetivo enquanto ainda há tempo, um dia será demasiado tarde e as futuras gerações irão inocentemente sofrer as consequências da atual passividade e irresponsabilidade.

A sustentabilidade apresenta-se como a única solução para toda esta problemática, pelo que de seguida vai-se analisar o seu significado e o caminho que é necessário percorrer para a atingir.

2.1 - O conceito de sustentabilidade

Mas, então, o que é a sustentabilidade? Como é que um conceito abstrato permite induzir uma mudança radical na população e governos em todo o mundo? A lista de razões que contribuíram para o seu aparecimento é extensa, mas a razão para a sua existência é simples: o futuro das novas gerações está gravemente ameaçado.

Os primeiros contornos deste conceito surgiram em 1972 numa reunião da ONU realizada em Estocolmo, onde o tema principal era abordar *“a necessidade de uma visão e princípios comuns, que inspirem e guiem as pessoas do mundo na preservação e aperfeiçoamento do ambiente humano”*. [2]

Desta cimeira resultou um plano de ação que tinha em vista a sensibilização para o problema da poluição e da escassez de recursos naturais. Podem-se ler no documento várias declarações ecologicamente inovadoras, tais como:

- *“5 - Os recursos não renováveis do planeta têm que ser utilizados de tal forma que não ponhamos em causa a sua continuidade, assegurando ao mesmo tempo que todos os benefícios da sua exploração são partilhados por toda a humanidade”;*
- *“6 - A descarga de substâncias tóxicas e a criação de calor em tais quantidades ou concentrações que excedam a capacidade do meio ambiente de processá-las sem consequências têm que ser reduzidas, de maneira a assegurarmo-nos que o nosso ecossistema não sofre danos sérios e irreversíveis”.*

O grande objetivo deste relatório era alertar para o aparecimento de consequências ambientais severas a curto prazo, caso se continuassem a ignorar as questões de foro ecológico.

Em 1973, toca novamente o alarme. Na sequência de uma manobra política controversa dos Estados Unidos, a OPAEP (Organização dos Países Árabes Exportadores de Petróleo) aplica um embargo à exportação de petróleo que se reflete no preço do petróleo (Figura 2.1), criando repercussões por todo o mundo. Esta crise foi uma chamada de atenção para a dependência petrolífera em que o mundo estava a mergulhar, realidade que, ainda hoje, constitui um grande problema.

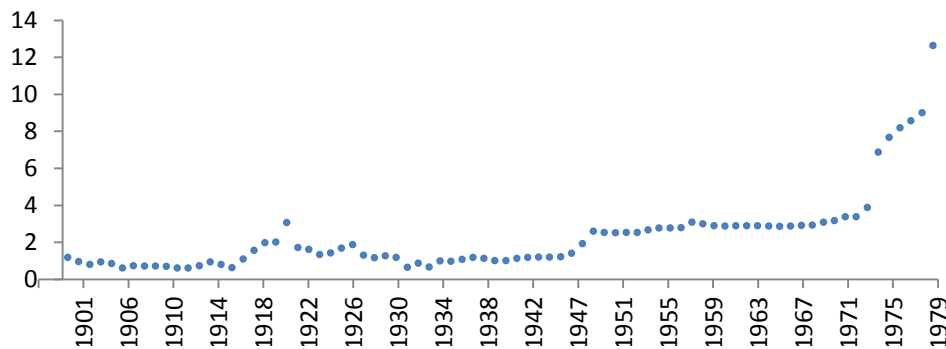


Figura 2.1- A escalada do preço do petróleo após a crise de 1973. [3]

A necessidade de criar uma solução era urgente, pelo que, nos anos seguintes, se assistiu à proliferação e debate da preocupação ambiental. De salientar a criação de obras como *O Princípio da Responsabilidade* (1979), de Hans Jonas, onde o autor abordava temas como a sobrevivência humana, onde se estabeleceu um novo princípio moral: “*Age de forma a que os efeitos das tuas ações sejam compatíveis com a permanência da vida humana genuína*” [4]. No ano seguinte, surge também “*A Estratégia Global para a Conservação*”, da União Internacional para a Conservação da Natureza, que falava pela primeira vez em desenvolvimento sustentável, a agregação dos conceitos desenvolvimento e sustentabilidade numa única entidade. Como se pode constatar, o tema ganhava uma importância crescente. No entanto, foi necessário esperar até 1987 para surgir em documento a definição para desenvolvimento sustentável. O Relatório de Brundtland, publicado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, definiu-a como “*o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades*” [5], afirmando que a sustentabilidade só é alcançável se atuarmos nas diferentes áreas da nossa sociedade, representadas na Figura 2.2.



Figura 2.2 - Constituintes de um desenvolvimento sustentável. [6]

O documento defendia que, para que um empreendimento possa ser considerado sustentável, tem que ser ecologicamente correto, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente aceite. O grau de exigência deste conceito torna-o pouco atrativo, não só

pelo seu rigor ecológico e social, mas principalmente pelo aumento da componente financeira na criação do projeto.

Por essa razão, desde então e até à data, este é um conceito que ainda não está equitativamente difundido, pode-se dizer que se encontra ainda em construção. Vários autores consideraram a hipótese de se tratar de uma utopia [74], no entanto, continua-se a dar largos passos no bom caminho. De volta à analogia, o jovem adulto neste momento está bem orientado, mas falta-lhe alguma pró-atividade, ambição e entusiasmo. O seu panorama não é muito favorável; assim como o panorama mundial traz crescentes preocupações com a sua situação. De seguida, mostra-se que, para atingir este conceito, é necessário mais ação, dinamismo, energia e força, em relação ao que se verifica presentemente.

2.2 - O Panorama Energético Mundial

Atualmente, as projeções do futuro energético não são muito animadoras. A população aumenta a um ritmo alucinante [7], assim como o consumo energético *per capita*, consequência da dependência tecnológica cada vez mais acentuada [8] [9].

Fontes de Energias Fósseis

Na Figura 2.3, apresenta-se uma previsão da evolução do consumo energético mundial. É imperativo salientar o facto de que o problema desta escalada dever-se-á não aos países desenvolvidos, que consomem atualmente cerca de metade da energia total, mas sim aos países em desenvolvimento, que mais do que duplicarão o seu consumo, como se poderá ver mais à frente.

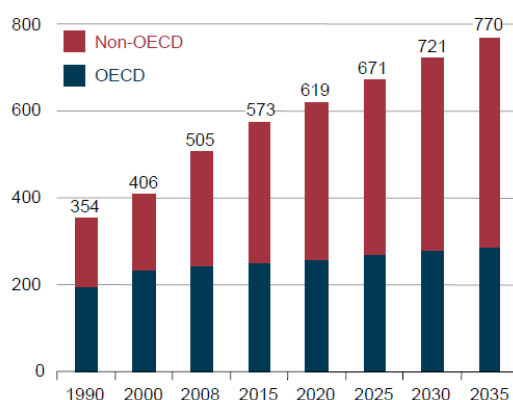


Figura 2.3 - Consumo de energia total mundial, em quadBTU, estando a azul o correspondente aos países da OCDE. [10]

Este desequilíbrio deve-se ao surgimento de novas potências económicas, que não conseguem garantir um desenvolvimento sustentável por duas razões: primeiro, porque o seu aumento do consumo está associado não só ao desenvolvimento tecnológico, mas também ao crescimento demográfico; segundo, porque se trata de países em desenvolvimento, que não

possuem condições económicas para apostar em fontes de energias limpas que tornem a sua via de desenvolvimento mais eficiente.

Este paradigma contrasta profundamente com o que se assiste nos países desenvolvidos, onde a preocupação tem vindo a ser reduzir o desperdício energético. Em todo o mundo, temos vindo a assistir à aprovação de leis que defendem o meio ambiente, tanto em poluição como na redução da pegada ecológica, como forma de apoiar e aproximar o seu crescimento do desenvolvimento sustentável.

Outra razão principal para o aumento de países a aderirem a medidas ecológicas é a instabilidade do petróleo como fonte de energia. Na Figura 2.4, podemos ver as variações que este recurso tem sofrido nos últimos anos, com tendência a continuar a escalada. Mais uma vez, a razão para esta problemática também se deve em parte aos países em desenvolvimento. Esta afirmação pode ser corroborada pelo facto de que a dependência energética do petróleo é cada vez mais acentuada, mesmo quando se verifica o aparecimento de novas reservas. [11]

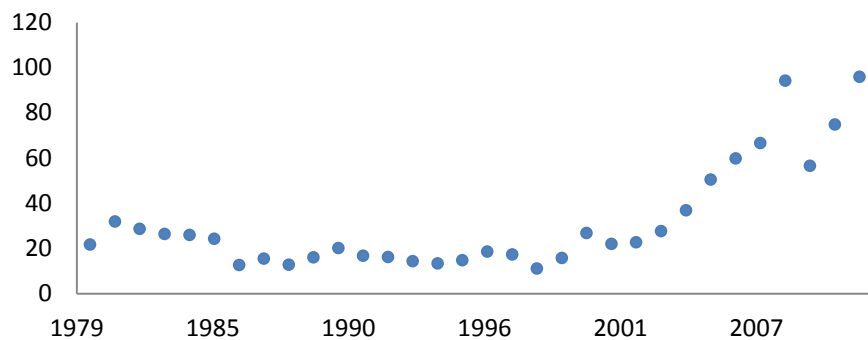


Figura 2.4 - Evolução do preço do petróleo após a crise de 1973, em dólares. [3]

É certo que o preço do petróleo não se deve única e exclusivamente à tão mencionada especulação financeira. Apesar de ser inegável a sua existência, o principal problema com a instabilidade económica do petróleo não se deve só ao capitalismo selvagem, mas também aos países emergentes, que começam a requerer cada vez mais energia [10]. Em 1995, Lester Brown divulgou ao mundo o problema através do seu livro *“Who Will Feed China? A Wake-up Call for a Small Planet”*, onde chama a atenção para o crescimento exponencial da China no consumo de matérias-primas. De facto, se analisarmos os dados dos últimos 20 anos do consumo doméstico de eletricidade por continente (Figura 2.5), é claro que o continente asiático poderá vir a trazer problemas económicos e energéticos para o mundo no momento em que deixar de garantir a autossustentabilidade que, por enquanto, mantém.

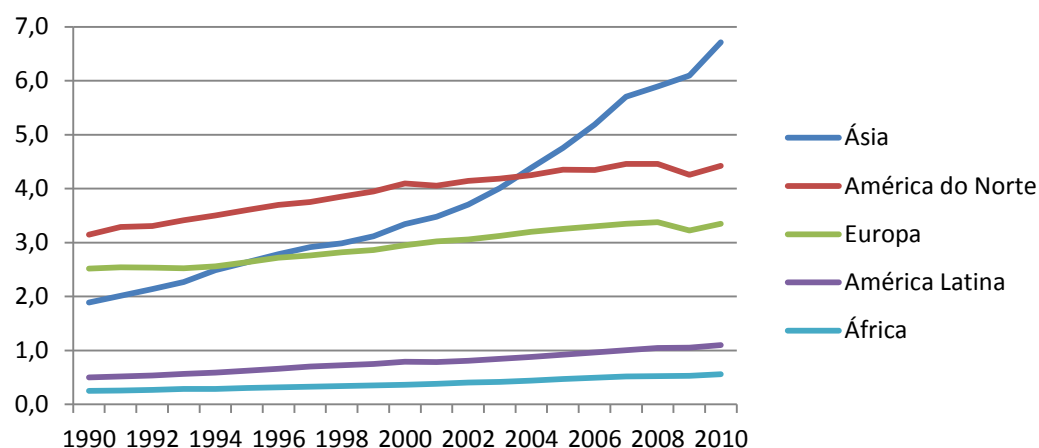


Figura 2.5 - Consumo doméstico de eletricidade anual por continente, em GTep. [8]

A curto e médio prazo, é inegável que o consumo asiático irá continuar a aumentar: o nível de consumo *per-capita* do continente é bastante baixo (cerca de um terço da média da OCDE) e, considerando que nos referimos ao continente mais populoso [10], uma pequena subida no consumo *per capita* traduz-se numa escalada do consumo continental. Em 2010, a China e a Índia representavam 36,6% da população mundial [7] e estima-se que, de 2000 a 2050, a população asiática aumente de 3,68 para 5,22 mil milhões [12].

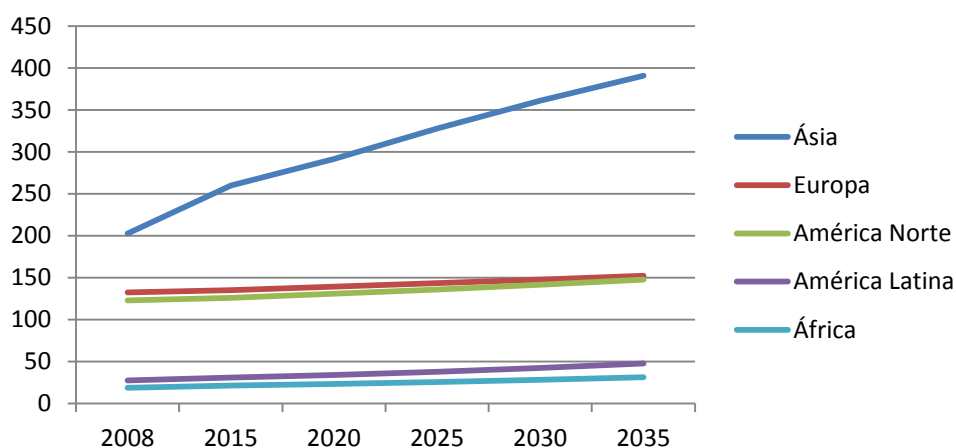


Figura 2.6- Previsão da evolução do consumo total anual por continente em quadBTU [13]

O *International Energy Outlook*, um relatório anual sobre o consumo energético produzido pela *U.S. Energy Information Administration* (EIA), elaborou uma previsão mundial do consumo energético que vai de encontro com estes factos. Como podemos analisar na Figura 2.6, a EIA prevê que, entre 2008 a 2035, o grande aumento do consumo energético mundial se deva principalmente à Ásia, sendo que, nessa altura, o continente asiático será responsável por 50% do consumo mundial energético total enquanto que, atualmente, se encontram um pouco acima dos 40%.

Fontes de Energias Renováveis

Por outro lado, de modo a contrabalançar com todo este cenário, é muito importante analisarmos a penetração das energias renováveis, tanto no passado como no futuro. Em 2010, a percentagem mundial de renováveis (incluindo hídricas) na produção de energia elétrica era de 19,5% [8]. No entanto, o seu peso tem-se mantido sempre no mesmo valor, como podemos ver na Figura 2.7. É nesse sentido que temos vindo a assistir ao incentivo do uso de energias renováveis por parte dos governos mundiais, que fizeram aumentar na Europa a percentagem da penetração de fontes de energia “limpas”.

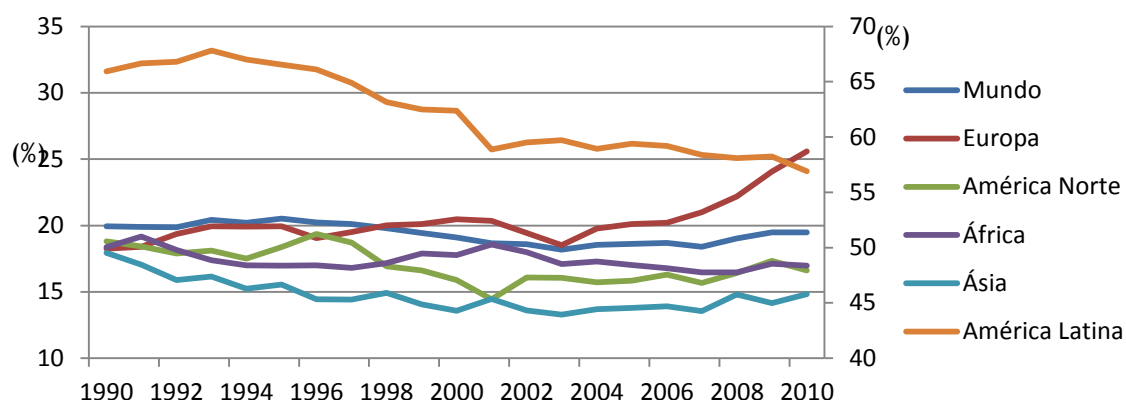


Figura 2.7 - Percentagem de renováveis no consumo de eletricidade, com a América Latina no eixo da direita. [8]

De facto, a IEA prevê que essas políticas energéticas desencadeiem uma onda de apostas nas renováveis nos anos vindouros, fazendo com que as fontes de energia que mais crescerão no futuro serão as de origem renovável, com um crescimento anual de 2,8%. Podemos ver, na Figura 2.8, que a expansão da produção elétrica é linear, devendo-se grande parte do seu crescimento às energias renováveis (hídrica, solar, eólica) e nuclear.

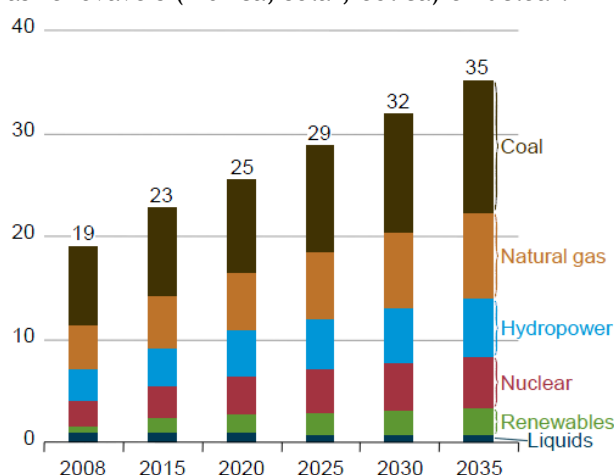


Figura 2.8 - Produção elétrica mundial por tipo de combustível, em 10¹² kWh. [13]

Segundo dados do mesmo relatório, a demanda de energia elétrica está no bom caminho: a sua produção tem aumentado mais do que o seu consumo (3 e 1,8% respetivamente - Figura

2.9). No entanto, o aumento é bastante lento e fica aquém do que, neste momento, é necessário para cobrir o aumento das energias não-renováveis.

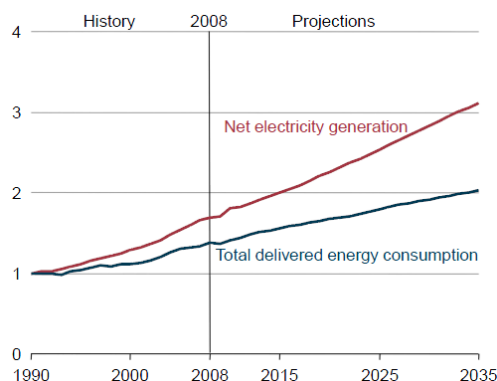


Figura 2.9 - Crescimento da produção e consumo de energia elétrica. [13]

Mais uma vez, a China também é grande responsável pelo aumento neste sector. Analisando a Figura 2.10, verificamos que a sua produção duplicará de 2008 para 2015, e volta a duplicar de 2015 para 2035, tirando partido do potencial energético que oferece a sua vasta área. No entanto, há que assinalar que está previsto um aumento de mais de 14 vezes da eletricidade produzida através de energia nuclear [13]. É de salientar o facto que estes dados são anteriores à catástrofe de *Fukushima*, que, certamente, fará travar a aposta nestas áreas, como tem vindo a acontecer na Europa, nomeadamente na Alemanha [14], Suíça [15] e Itália [16], entre outros.

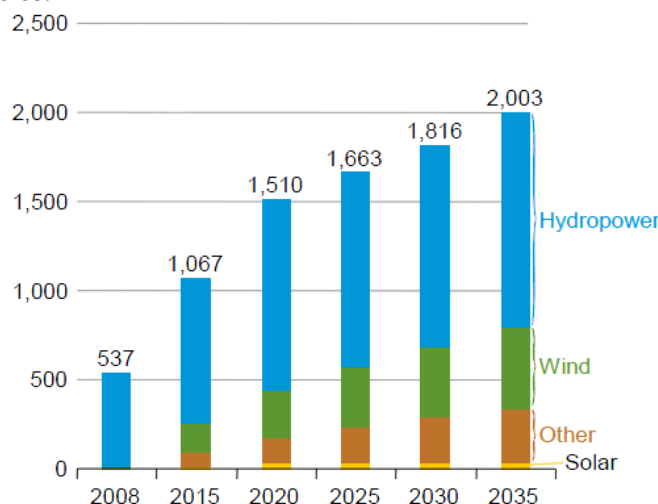


Figura 2.10 - Produção de eletricidade através de renováveis na China, em 10⁹ kWh. [13]

Assim, podemos concluir que, apesar de a China poder vir a desencadear graves problemas mundiais, é de louvar o seu esforço para que o risco desse acontecimento diminua.

Com esta curta introdução ao panorama energético mundial, pretende-se que o leitor ganhe uma sensibilidade para a razão pela qual as consequências de não garantirmos um desenvolvimento sustentável serem catastróficas. A partir do momento que a importação em grande escala de um país não pode ser satisfeita, surgirão problemas sérios em todas as estruturas políticas e sociais, que farão desabar toda a sua economia e hierarquias sociais.

É crucial para o nosso futuro garantir, rapidamente, políticas que defendam interesses ambientais, ao contrário da tendência verificada até agora e, por isso, torna-se imperativo fazer aqui uma análise crítica às medidas que têm vindo a ser tomadas por todo o mundo, de modo a perceber o que de bom tem sido feito na promoção da sustentabilidade.

2.3 - A sustentabilidade no Mundo e na Europa

Voltando ao conceito de sustentabilidade, o culminar de toda a evolução de mentalidades, que vínhamos a analisar, atinge o clímax com a criação do Protocolo de Quioto. Este protocolo entrou em vigor em 1995 [17] e funcionou como uma resposta ao emergente tema das alterações climáticas, que começava a suscitar maior interesse na opinião pública através de várias questões relacionadas com a saúde do nosso ecossistema, nomeadamente a degradação da camada do ozono, o aquecimento global e a degradação da qualidade do ar. A necessidade de manter a saúde do nosso planeta fez com que países de todo o mundo se unissem para delinear um plano de ação que lutasse contra a degradação ambiental, pelo que este protocolo é ratificado como forma de estimular a diminuição dos gases poluentes emitidos para a atmosfera. O plano funcionaria comparando o aumento do valor anual das emissões anual com o verificado no ano de 1990 [18]. Para o protocolo ser válido teria que ser ratificado por pelo menos 55 países, e a soma das emissões de todos os assinantes teria que ser no mínimo igual a 55% das emissões das nações industrializadas. Os Estados Unidos da América, os maiores poluentes mundiais e responsáveis por 23,5% [19] das emissões em 1990, nunca acordaram em ratificar o protocolo, pelo que foi necessário a entrada da maior parte dos países para tornar o acordo efetivo. Em 2004, o presidente russo Vladimir Putin anunciou pretender ratificar o Protocolo, pelo que a percentagem de 17% de quota de emissões do seu país fez atingir os mínimos exigíveis [20]. Em 16 de fevereiro de 2005, o Protocolo de Quioto entra formalmente em ação, fazendo com que os países industrializados se comprometam a reduzir ou limitar as suas emissões. [21]



Figura 2.11 - Mapa mundial referente à adesão ao Protocolo de Quioto². [21]

O primeiro período de ação deste plano começou em 2008 e terminou em 31 de dezembro de 2011. Durante este tempo, os 192 [17] países que o constituem (agora 191 com a saída do Canadá [22]) acordaram várias medidas para a redução das emissões (Figura 2.11), visando reduzir as emissões mundiais em 5,2% em relação a 1990. No entanto, o facto de só em determinados países terem sido impostas metas para a redução parece condenar esta iniciativa ao fracasso. Mesmo nos países com metas estabelecidas, nem todos conseguirão atingir os objetivos propostos, sendo que não poderemos afirmar que a aplicação prática das metas de Quioto tenha sido um sucesso. Apesar de os países com objetivos traçados terem conseguido diminuir as emissões em 14,7% no geral, na Tabela 2.1 apresentam-se dados da IEA que corroboram a teoria de que Quioto nunca irá atingir a meta de baixar as emissões mundiais em 2012.

Tabela 2.1 - Valores de emissões de CO₂ segundo o Protocolo de Quioto. [23]

	Varição de 1990 a 2009 (%)
Economias em desenvolvimento	-36,2
Europa	-4,9
América do Norte	7,8
China	206,5
Asia (excluindo China)	144,2
Médio Oriente	171
África	70,1
MUNDO	38,3

² A castanho países que ratificaram o tratado; a azul os que não tem intenção de o ratificar; a azul-escuro países que recentemente revogaram o protocolo, e a cinzento sem posição declarada ou conhecida.

Por mais hercúleos que os esforços venham ainda a ser, a China e os Estados Unidos representaram, em 2009, 41% das emissões mundiais de dióxido de carbono, pelo que é indispensável travar o crescimento das suas emissões. Como podemos ver, as economias emergentes são, como já referido, as responsáveis pelas maiores subidas verificadas, que contribuem para a subida de 38,3% das emissões de CO₂ em 2009, bastante aquém da meta da redução de emissões.

No entanto, apesar de Quioto por si só não ter trazido grandes reduções a nível mundial, é um marco historicamente incontornável, pois foi o ponto de partida para novas medidas surgirem em todo o mundo, nomeadamente na Europa. A sua ratificação abriu o precedente para a criação de mais e melhores leis, e efetivamente passado pouco tempo da entrada em ação do Protocolo surge outro marco importante, o Pacote Energia-Clima 20/20/20. Criado em 2008 [24], esta diretiva é bem mais ambiciosa que a sua predecessora, mais bem delineada e com mais focos de ação, englobando todos os 27 países da União Europeia e traçando metas obrigatórias para todos. O seu grande objetivo é reduzir a dependência externa e, simultaneamente, adotar fontes energéticas endógenas e menos poluentes, propondo três grandes metas até 2020 [25]:

- Reduzir em 20% as emissões de gases com efeitos de estufa em comparação aos emitidos em 1990. É a mesma medida defendida pelo protocolo de Quioto, mas com um maior tempo de atuação, tornando-se mais realista e atrativo;
- Aumentar em 20% a penetração das energias renováveis no consumo energético global. Será necessário duplicar os 9,2% atingidos em 2006 [6];
- Reduzir em 20% o consumo energético, através de campanhas de sensibilização contra o desperdício energético, que promovem o aumento da eficiência energética em todos os tipos de consumidores finais de energia.

Com menor enfoque, mas também importante e ousada, há que salientar a meta de atingir 10% de energias renováveis no sector dos transportes [26]. Tal como o protocolo de Quioto, a sua ratificação na Europa inteira repercutiu-se na sua cultura, e hoje em dia a **eficiência energética**³, outrora desconhecida, passa a usufruir de grande notoriedade e importância nos mercados de todo o mundo. Graças a este novo plano, durante os últimos anos temos vindo a assistir a governos tomarem várias medidas ousadas para a promover. Um dos casos de comprometimento mais exemplar é a Alemanha, que afirmou recentemente ambicionar que em 2050 a sua eletricidade seja toda proveniente de fontes de energias renováveis [27].

³ Definição? Atrás já se falou nisto!

Iniciativas Legislativas

Atualmente muitos países, assim como a Alemanha, têm caminhado nessa direção. Existem muitos exemplos da legislação que têm vindo a ser aplicadas por todo o mundo, e a sua influência é cada vez mais notória. Por exemplo, desde 2009 que o governo alemão requer que todos os novos edifícios possuam ou pelo menos 15% do consumo energético proveniente de energias renováveis, ou um aumento significativo da eficiência energética [28].

Na área das habitações, muito mais tem vindo a ser feito de modo a reduzir o consumo e o desperdício energético: as lâmpadas incandescentes estão a ser banidas de muitos países, incluindo Portugal [29], devido à sua pobre eficiência; as casas passam a ter requisitos mínimos térmicos, podendo não obter um certificado de habitabilidade enquanto não obedecerem a padrões mínimos de exigência energética; os governos começam a proibir consumos excessivos dos equipamentos em *stand-by* [28], limitando-os a 1 W por aparelho; foi criado o conceito de *zero-carbon building*, um conceito de edifício autossustentável, que produz no mínimo toda a energia que consome, sendo uma grande promessa para o futuro das habitações. Já há alguns anos que temos vindo a assistir à criação de leis que punem o desperdício energético nos edifícios, no entanto nunca foram tão estritas e arrojadas como agora.

Outra área que sofreu grandes alterações é o setor automóvel e dos transportes. No espaço de um ano, todos os grandes produtores anunciaram planos para começar a fabricar automóveis híbridos e/ou elétricos [28], de modo a ir de encontro ao novo padrão de diminuição tanto da dependência externa como das emissões. Inclusivamente até os modelos de luxo da maior parte dos fabricantes, que antes primavam pela robustez e potência, começam a ter versões mais económicas, com motores híbridos ou elétricos ou com consumos mais económicos. No sector dos transportes, existe uma preocupação crescente de banir os combustíveis fósseis, substituindo frotas inteiras por veículos mais eficientes e mais limpos. De modo a diminuir o número de automóveis na cidade, também tem vindo a crescer o número de cidades que optam por taxar a entrada de veículos nas cidades, e também o estacionamento por largos períodos de tempo, tornando a viagem de veículo próprio incomfortavelmente cara, obrigando assim à migração para os transportes públicos [30]. Mas o cerco ainda está a ficar mais apertado para os transportes pessoais: em muitas cidades (incluindo Lisboa), a circulação de veículos considerados muito poluentes passou a ser proibida. [31]

Produção elétrica

No sector da produção elétrica, vários países estão a cofinanciar a aposta em energias renováveis, tanto para aproveitamentos domésticos como industriais. A maior parte dos

países optam por definir uma meta de valor ideal de energia produzida em relação à consumida, que serão obtidas oferecendo incentivos a quem invista nestas fontes de energia. O método mais comum é, aquando o investimento num aproveitamento de energias renováveis, o produtor ter direito a um contrato privilegiado que dá direito a um pagamento pela energia produzida bonificado, de modo a tornar o investimento mais atrativo e rentável - denominadas tarifas *feed-in*. Outro método que tem vindo a ser amplamente utilizado é a dedução nos impostos mediante a energia produzida ou mediante o capital investido. [10]

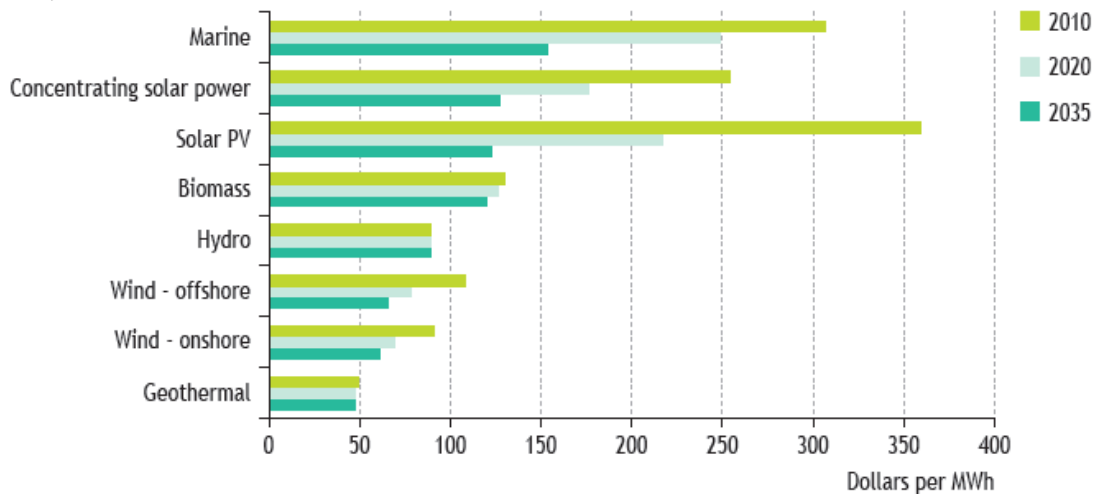


Figura 2.12 - Custos de produção em larga escala de energia. [10]

Os aproveitamentos solares têm sido alvos de crescente atenção nesta área devido ao seu enorme potencial, mas, como podemos constatar na Figura 2.12 - Custos de produção em larga escala de energia, esta tecnologia e a maremotriz são as de custo mais elevado do mercado, o que impede a sua penetração na produção mundial. No entanto a IEA prevê que este valor desça para cerca de um terço até 2035, o que pode contribuir para a tornar numa líder de mercado, usufruindo da grande área de instalação possível. A China e a Índia pretendem obter, até 2020, 20 GW potência solar instalada cada uma, fruto das políticas energéticas que remuneraram substancialmente os investimentos nesta área [10]. A facilidade de instalação deste equipamento fará com que esta medida seja seguida por muitos outros países, porque desde que o sítio disponha de uma boa radiação solar este pode ser colocado virtualmente em qualquer telhado, parede ou chão, principalmente se tivermos em conta a inovadora tecnologia de células solares flexíveis, que tornam possível gerar energia mesmo em zonas com áreas não planas. Graças a esta propriedade, os aproveitamentos solares serão certamente dos mais comuns no mundo.

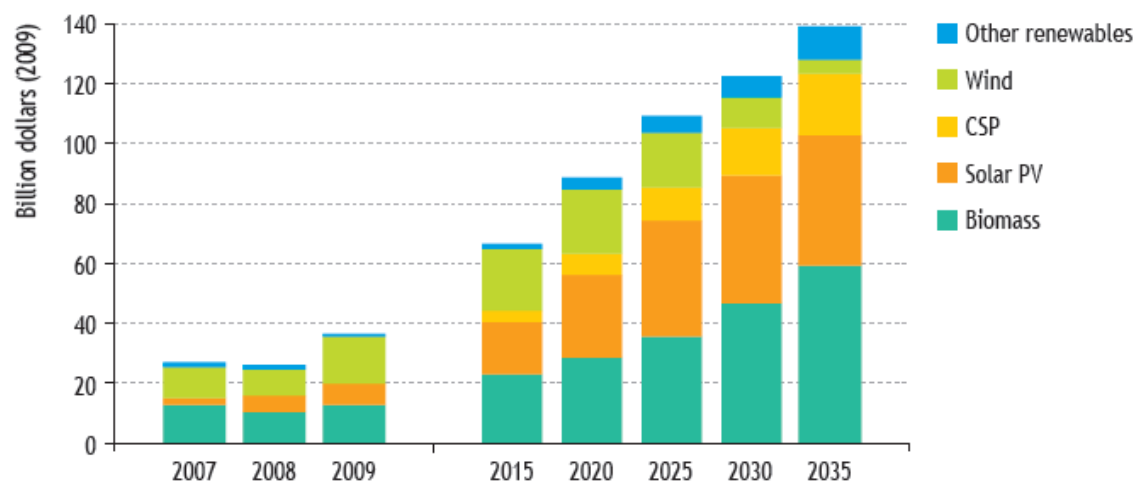


Figura 2.13 - Apoio governamental global às energias renováveis. Outras renováveis contêm Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCH), Geotérmicas e maremotriz. [10]

Ainda na área da produção elétrica, a Figura 2.13 ilustra a previsão da IEA para o panorama das políticas energéticas globais. Podemos retirar várias ilações sobre as energias apresentadas:

- A **energia eólica** vai perder importância ao longo do tempo e, por conseguinte, vai obtendo cada vez menos incentivos, o que se deve principalmente à escassez de zonas de instalação rentáveis, o que já se verifica neste momento. No entanto, a tecnologia *offshore* permitirá aumentar a área de instalação economicamente interessante e manter a expansão eólica aliciente;
- A **energia solar fotovoltaica (PV)** passará a ter um papel importantíssimo na produção mundial, considerando que os valores do investimento se multiplicam inúmeras vezes durante o período de 2010 a 2035. O aparecimento e amadurecimento de diferentes tecnologias tonará o seu custo inicial menor e a sua eficiência maior, tornando esta tecnologia muito importante num futuro próximo.
- A **energia solar por concentração (CSP - Concentrated Solar Power)** neste momento ainda não tem grande preponderância na produção atual, mas em breve passará a ter. Este tipo de aproveitamento difere do PV na sua configuração, pois funciona através de vários espelhos que direcionam a luz solar para os painéis, ao invés de estarem apenas instalados. Os apoios governamentais crescentes sugerem que a CSP tornar-se-á um bom modo de aproveitar a energia solar, a par com o PV.
- A **biomassa** representa uma grande parcela da economia das políticas energéticas (sensivelmente 50%), e esse valor deve-se manter até 2035. A queima de material orgânico será sempre uma boa solução, não só por ser das poucas energias renováveis que nos permite controlar a sua geração, mas também porque permite grandes rendimentos, principalmente se tivermos em consideração a sua operação em centrais de ciclo combinado;
- As **outras energias renováveis** (PCH, Geotérmicas e maremotriz) corresponderão apenas a uma pequena parte dos investimentos, pois são energias com um potencial

reduzido, devido à exclusividade das áreas de instalação (no caso das duas primeiras) e à sua imaturidade e preço (no caso de aproveitamentos de energia maremotriz).

Tabelas 2.2 Top de países com penetração de renováveis na produção de energia elétrica em 2010 (à esquerda), e top de países com maior variação de 1990 a 2010. [8]

	País	%
1	Noruega	95,4
2	Brasil	85,2
3	Nova Zelândia	73,1
4	Colômbia	70,4
5	Venezuela	65,8
6	Canadá	59,0
7	Suécia	58,0
8	Portugal	56,3
9	Chile	42,0
10	Roménia	34,1

	País	%
1	Holanda	85,8
2	Alemanha	75,8
3	Bélgica	74,9
4	Rep.Checa	69,6
5	Reino Unido	67,6
6	Polónia	65,5
7	Roménia	47,9
8	Uzbequistão	47,4
9	Espanha	45,7
10	Ucrânia	40,4
11	Portugal	37,6

Nas Tabelas 2.2 podemos consultar os países que com maior percentagem de penetração de renováveis na sua produção de energia elétrica. A média mundial em 2010 foi de 19,5% e na Europa foi de 25,6% [8]. Portugal encontra-se numa posição respeitável em ambas as tabelas, fruto do incessante investimento que tem havido nesta área nos últimos anos. A maior parte da produção que está inerente a todos estes países é de origem hídrica, que é a tecnologia mais competitiva do mercado, ainda com vantagem em relação ao aproveitamento da energia eólica.

Estes *rankings* são surpreendentes, atendendo a que, como já referido, só há poucos anos se começa a ter uma verdadeira consciência ecológica. Contudo, mesmo que os países lutem para aumentar a sua quota de renováveis, necessitam ainda de vários anos sucessivos a investir nessas fontes de energia não convencionais. Os países que se encontram naquela tabela, à esquerda, são o resultado de várias políticas governamentais ecologicamente assertivas durante várias décadas, são países que aproveitam os recursos endógenos do seu país para diminuir a dependência externa. À direita, podemos ver países que têm vindo a mudar a sua mentalidade, fruto das preocupações ambientais, em muitos casos induzidas numa primeira fase pelo Protocolo de Quioto. Portugal encontra-se bem situado em ambos os *rankings*, o que demonstra um nível de compromisso irrepreensível, e a tendência é para continuar a aposta nas energias renováveis devido ao grande potencial hídrico, eólico, solar e maremotriz por explorar no nosso país.

2.4 - A sustentabilidade em Portugal

Nas últimas tabelas apresentadas, pudemos ver que Portugal energeticamente é um dos exemplos a seguir pelo resto do mundo. Conseguimos atingir uma taxa de produção acima de 50% e temos assistido a um grande esforço da redução do desperdício energético. De acordo com dados do Instituto Nacional de Estatística (INE), o consumo total de energia *per capita* tem vindo a diminuir consecutivamente desde 2005, quebrando a tendência de subida que se verificava até essa data, como demonstra a Figura 2.4, apesar de grande parte dessa descida se dever não só à implementação de sucessivos planos que têm vindo a mudar o plano energético nacional, mas também à atual conjuntura económica.

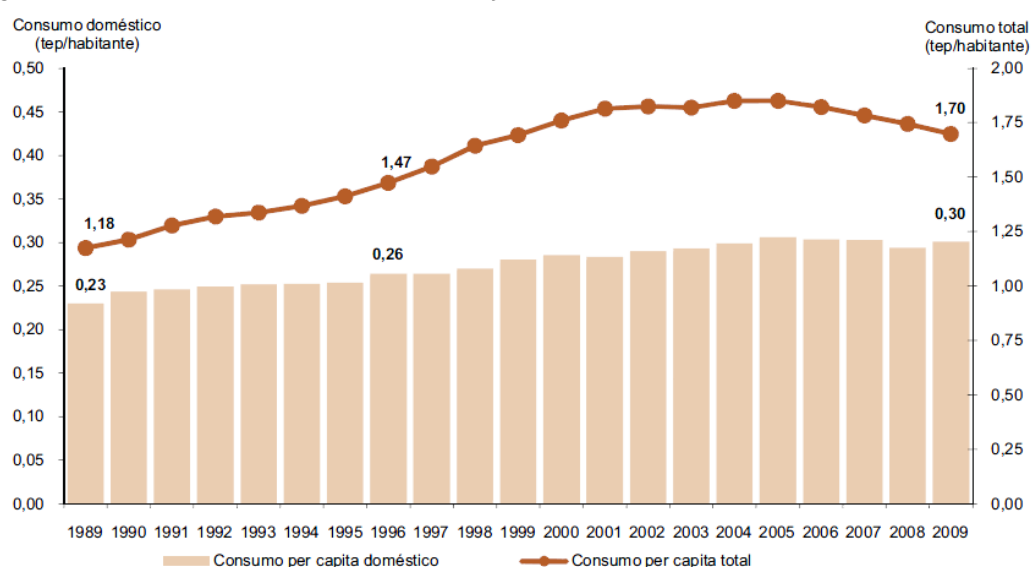


Figura 2.14 - Evolução do consumo anual *per capita* em Portugal. [33]

Todos esses planos tiveram como plataforma de lançamento o Protocolo de Quioto e os compromissos posteriormente assumidos por Portugal no quadro da UE, que como já referido anteriormente, tem sido o motor que fez arrancar muitas das legislações agora vigentes. Com a entrada deste tratado em vigor, Portugal assumiu o compromisso de limitar o aumento das suas emissões de gases de efeitos de estufa em 27% no período de 2008 a 2012. De acordo com a IEA, em 2009 Portugal correspondia ao segundo maior aumento da União Europeia, já tendo ultrapassado largamente o limite estipulado, e com a atual conjuntura económica certamente que não será possível manter as emissões dentro do requerido.

No entanto, Portugal tem criado plataformas para contrariar este cenário. No seguimento vamos analisar esse *background* legislativo que alicerça toda a política relacionada com o consumo habitacional, iniciando assim a discussão do tema principal desta dissertação.

Tabela 2.3 - Top de desempenhos em relação ao Protocolo de Quioto em 2009. [23]

País	Variação em 2009 (%)	Limite Quioto (%)
Piores Desempenhos		
Espanha	37,7	15
Portugal	35,3	27
Irlanda	32,4	13
Melhores Desempenhos		
Alemanha	-21,1	-21
Suécia	-20,9	4
Reino Unido	-15,2	-12,5

2.4.1 - Abordagem Histórica da Legislação Portuguesa

As políticas energéticas sofrem frequentemente atualizações e remodelações, pelo que apenas se irão focar as que aparentam ter mais importância para o tema desta dissertação - a Certificação Energética. A grande transformação a nível nacional deu-se principalmente após o Protocolo de Quioto, sendo que antes existiram vários programas, como o Plano Nacional de Barragens com Elevado Potencial Hidroelétrico (PNBEPH) e outros que veremos nesta secção, mas que não trouxeram variações significativas nos comportamentos ou mentalidades do povo português.

A transformação começou numa primeira fase pelo Plano Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC 2006) aprovado pela Resolução de Conselho de Ministros n.º 104/2006 no âmbito do Protocolo de Quioto, como uma forma de apelar ao esforço nacional para a redução das emissões nos mais variados setores. Este pacote de medidas surge como uma atualização ao primeiro PNAC, Decreto-Lei n.º 119/2004, devido à necessidade de apresentar *“um plano de actuação que contenha os seguintes elementos: acções a desenvolver; Calendarização; Meios; Resultados esperados; Indicadores; Organismo responsável pelo acompanhamento; Ponto focal.”* [34] Como podemos concluir, era imperativo criar medidas que contribuíssem de facto para a redução de emissões, e também saber quantificar a sua importância. O PNAC 2006 apresentava, como meta para 2010, a redução de 1020 GWh do consumo de energia elétrica, meta essa que foi mantida no seu sucessor PNAC 2007, Decreto-Lei n.º 1/2008.

Paralelamente, surge a Estratégia Nacional para a Energia (ENE). Este plano, aprovado através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005, atua de um modo mais abrangente que o PNAC, pois possui várias linhas estratégicas com os principais objetivos de promover a eficiência energética, reduzir as emissões de CO₂, reduzir a dependência energética face ao exterior e reduzir o custo da energia [35]. Em 2010, após a Resolução de

Conselho de Ministros n.º 29/2010, é criado o seu sucessor, o ENE 2020 [36], que traça metas ainda mais rigorosas em relação ao consumo de energia que serão abordadas em detalhe mais tarde. Na sua primeira versão, esta diretiva apontava para a aprovação de um plano de ação no âmbito da eficiência energética, o que acontece três anos depois. Assim, em 2008, a eficiência energética ganha ainda maior importância, através da aprovação do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE), em Resolução de Conselho de Ministros n.º 80/2008. [37] Este plano engloba um vasto conjunto de programas e medidas consideradas fundamentais para se poder alcançar os objetivos fixados no âmbito do Protocolo de Quioto, e estabelece como meta a alcançar até 2015 a implementação de medidas de melhoria de eficiência equivalentes a 10% do consumo final de energia, através da atuação em diferentes áreas.

A ENE serviu de impulso para a criação de algumas alterações nas políticas energéticas nacionais, nomeadamente para a revisão dos obsoletos Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), e para a criação do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE).

O RCCTE fora aprovado em 6 de Fevereiro de 1990 e foi o primeiro instrumento legal que impôs requisitos ao projeto de novos edifícios e de grandes remodelações, por forma a salvaguardar a satisfação das condições de conforto térmico nesses edifícios. Em 2006, esta diretiva sofre alterações, porque *“enquanto que a primeira versão do RCCTE pretendia limitar potenciais consumos e era, portanto, relativamente pouco exigente nos seus objetivos concretos devido às questões de viabilidade económica fase a potenciais consumos baixos, justifica-se agora uma contabilização mais realista de consumos que com muito maior probabilidade possam ocorrer, evoluindo portanto na direção de maiores exigências de qualidade térmica da envolvente dos edifícios.”* [38]

A primeira versão do RSECE data de 1992, sob o nome RQSECE - Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, que de resto era uma versão que carecia de revisão, de modo a serem introduzidas algumas correções decorrentes da necessidade de compatibilização com o direito comunitário [76], revisão essa que ocorre em 1998. Em 2006, esta ferramenta sofre grandes alterações porque, como se pode ler no Diário da República, *“A prática da aplicação do RSECE veio a demonstrar alguma indiferença por parte da maioria dos intervenientes no processo [...] remetendo-se, na prática, a aplicação do Regulamento exclusivamente para o nível da responsabilidade técnica dos projetistas ou dos instaladores”*. Deste modo, o Decreto-Lei n.º 79/2006 traz exigentes medidas para o consumo de energia nos edifícios, tanto na fase de projeto, prevenção e manutenção. Se, antes, a sua área de aplicação era apenas evitar o sobredimensionamento da climatização dos edifícios (que era uma prática comum em grande parte as construções) [39], com a nova reforma todo o consumo passa a ter um peso no desempenho energético do

edifício. A diretiva contém valores de consumo tabelados que servem de referência para o cálculo da eficiência do edifício. Assim, o antiquado RSECE, que nunca chegara a ser aplicado, sobre uma significativa mudança, tornando-se numa poderosa ferramenta de luta contra os desperdícios energéticos nos edifícios.

Simultaneamente, o SCE é nada mais do que a transposição para a ordem jurídica nacional da Diretiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, relativa ao desempenho energético dos edifícios, de seu nome *Energy Performance of Buildings Directive* (EPBD). A sua criação teve como finalidade unir o RCCTE e o RSECE num só, assegurando a sua aplicação regulamentar em vários tipos de edifícios, nomeadamente novos ou existentes sujeitos a grande intervenções de reabilitação ou a contratos de venda ou arrendamento e edifícios de serviços existentes. Os principais objetivos são garantir a eficiência energética, a utilização de sistemas de energias renováveis e a qualidade do ar interior [40].

A data de entrada em vigor deste Decreto-Lei (1 de janeiro de 2009) para todos os edifícios foi definida na Portaria n.º 461/2007, e no Despacho n.º 10250/2008 foi definido o modelo dos Certificados de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior, no âmbito do SCE [41]. A gestão do SCE foi atribuída à Agência para a Energia (ADENE), que fica responsável por assegurar o funcionamento do sistema, aprovar o modelo dos certificados energéticos e da qualidade do ar interior, criar uma bolsa de peritos qualificados do SCE e facultar, *online*, toda a informação relativa aos processos de certificação aos peritos que os acompanham.

À data da elaboração deste documento, os três Decretos-Lei acima mencionados encontram-se em processo de revisão, com uma abordagem já orientada à nova EPBD, a Diretiva 2010/31/EU. Aprovada em 2010, esta revisão visa reforçar as exigências mínimas para os edifícios, no âmbito da eficiência energética, propondo novas alterações à legislação que restringirão ainda mais os requisitos a nível dos sistemas de climatização e a intensificação dos processos de inspeção e da qualidade dos certificados energéticos. Entre outras novidades, surge o conceito de "*edifícios com necessidades quase nulas de energia*" (*Near-Zero Energy Buildings*, já mencionado anteriormente), obrigando a que, "*o mais tardar em 31 de Dezembro de 2020, todos os novos edifícios tenham desempenhos energéticos muito elevados*" [42], sendo que as suas necessidades de energia quase nulas deverão ser cobertas por fontes de energias renováveis. A entrada em vigor do Decreto-Lei está prevista para meados de 2012. [79] [80]

Por último, é importante mencionar o Plano de Promoção de Eficiência no Consumo (PPEC), criado em 2008, que tem como finalidade apoiar financeiramente iniciativas que, tal como o próprio nome indica, promovam a eficiência e/ou redução do consumo elétrico. As participações são atribuídas por concurso público, e afetam diferentes áreas, tais como se pode ver com a apresentação de alguns exemplos: a aplicação de iluminação LED em

semáforos, a abolição das lâmpadas incandescentes, medidas para correção do fator de potência, formações, auditorias, etc.

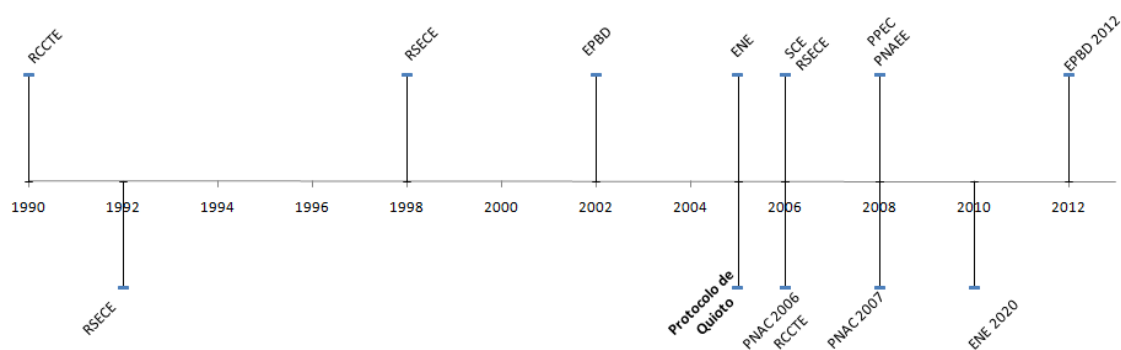


Figura 2.15 - Cronologia referente à legislação.

Na Figura 2.15 é observável a densidade legislativa pós-Protocolo de Quioto, e a tendência é para continuar pois a exigência com o desperdício energético é cada vez maior. O principal tema desta dissertação é a aplicação prática do RSECE, pelo que se torna incontornável entrar em detalhe sobre o seu funcionamento básico, assim como todo o SCE, de modo a criar fundações que servirão como suporte ao trabalho final desenvolvido neste documento.

2.4.2 - O Sistema de Certificação Energética

O SCE criou condições para obrigar os edifícios, novos ou existentes, a racionalizar o uso da energia em geral. Este sistema coloca requisitos energéticos e de qualidade do ar em todos os edifícios, promovendo o aumento da eficiência energética e o uso de fontes de energias renováveis, ao mesmo tempo que garante o conforto térmico dos ocupantes do edifício. Como é observável na Figura 2.16, os edifícios têm um peso de 27% de consumo de energia final em Portugal, bastante abaixo da média de 40% da União Europeia [42], mas, mesmo assim, um valor demasiado elevado para ser ignorado. Diminuir uma parte desse valor traduz-se numa diminuição significativa na fatura energética do país.

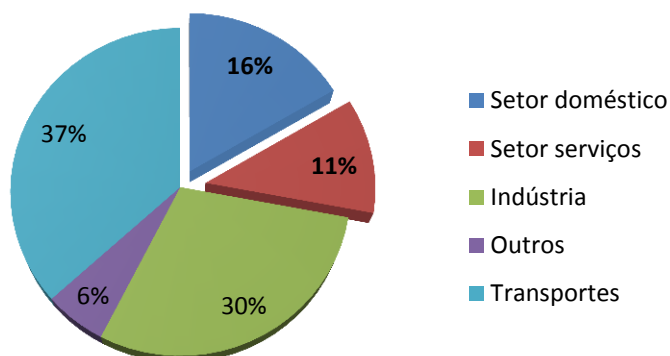


Figura 2.16 - Consumo de energia final em Portugal por sector, em 2010. [43]

O valor anual de energia consumida em Portugal foi de 17.728.645 tep, distribuídos diferentes setores, como se vê na Figura 2.17. Podemos constatar quais as fontes de energia sobre as quais o SCE irá incidir, em que uma grande parte se deve à energia elétrica.

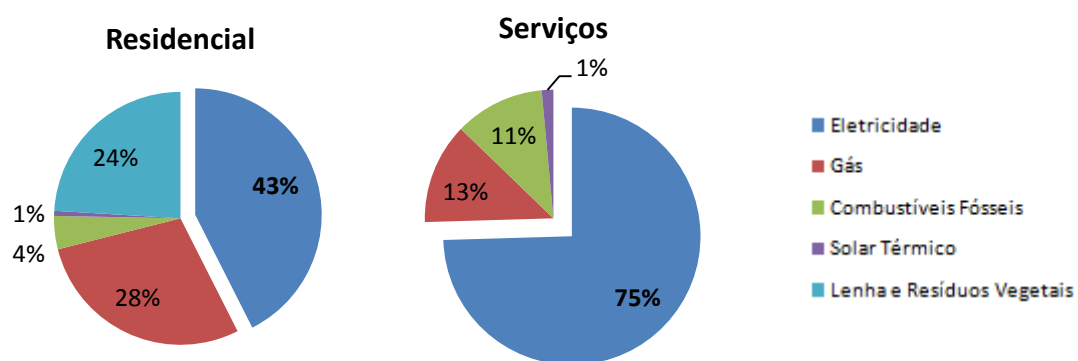


Figura 2.17 - Fontes de energia por área de consumo em 2010. [43]

Esta legislação tem um grande propósito: acabar com a tendência de acompanhamento de crescimento destas áreas, em relação à energia total. A Figura 2.18 mostra que, nos últimos 20 anos, o peso do parque edificado constituiu aproximadamente sempre o mesmo peso no consumo total energético.

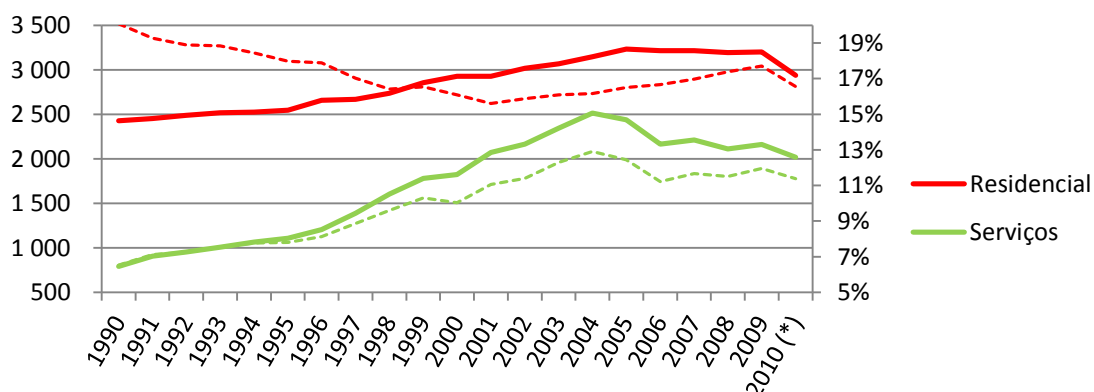


Figura 2.18 - Crescimento do consumo nas áreas referidas, em ktep. A picotado, o seu peso no consumo total anual (eixo da direita). [43]

O SCE pretende alterar esta tendência, abrاندando o seu crescimento para ser possível verificar uma redução do seu peso percentual, e numa fase mais avançada, na sua quota global. Este entrou em vigor em três fases diferentes (Julho de 2007, Julho de 2008 e Janeiro de 2009) e só a partir da última data é que todos os edifícios existentes ou em construção passaram a necessitar de um Certificado de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior (CE), como o da Figura 2.19, devidamente preenchido por um técnico qualificado para o efeito.

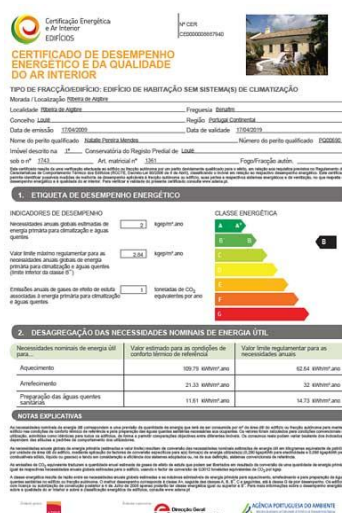


Figura 2.19 - Modelo de um Certificado energético. [44]

Mediante as suas características, os edifícios podem ser avaliados no âmbito do RSECE e/ou do RCCTE, e, em ambos os casos, o certificado conterá informações sobre os consumos, propostas para uma possível melhoria de desempenho (se possível), emissões de CO₂ do imóvel e a classificação energética do edifício. Esta classificação indica, numa escala alfabética de 9 níveis (A+ a G), a classe energética de cada fração auditada [45], que é contabilizada através de índices próprios.

Esses índices são o método de verificar esse nível de utilização racional de energia do edifício, e consiste em comparar o consumo energético real da fração com um consumo adequado (nominal) para o tipo de utilização, mediante o tipo de utilização e o número de ocupantes. Em casos de edifícios existentes com áreas superiores a 1000 m², se este não obtiver a classificação exigida, pode ser alvo de um Plano de Racionalização de Energia (PRE), que é um documento de caráter obrigatório onde estão inseridas várias propostas de melhoria que têm em vista a diminuição do consumo energético anual.

No caso de edifícios em fase de projeto, é necessário uma Declaração de Conformidade Regulamentar (DCR) aquando da licença de construção, que não é mais do que um pré-certificado que avalia o desempenho energético do edifício nessa fase. O modelo do documento é o mesmo e, na fase final da obra, após nova verificação, será emitido um CE que, não existindo alterações substanciais ao projeto durante a obra, será muito semelhante à DCR [47]. A DCR é válida até à data de conclusão da obra, enquanto o CE tem uma validade que varia de 2 a 10 anos, mediante o tipo de imóvel.

Na Tabela 2.4 apresenta-se, de um modo generalizado, o âmbito de aplicação do SCE. De salientar dois aspetos importantes:

- Existem várias exceções (p.e. centros comerciais, supermercados, etc.) que foram ignoradas por uma questão de simplicidade na consulta da tabela;

- Todos os edifícios existentes que sejam alvos de ampliações, grandes remodelações (25% do custo total [49]), ou de contratos de venda ou arrendamento estão sujeitos ao SCE, logo necessitam de um CE válido antes de completarem a devida alteração.

Tabela 2.4 - Âmbito de aplicação do SCE. [44]

Aplicação dos Regulamentos Térmicos dos Edifícios		
Tipo	Regulamento	Requisitos
Habitação	Sujeitos a processo de licenciamento e de CE	
Pr $\leq$ 25 kW	RCCTE	Energéticos
Pr > 25 kW	RCCTE + RSECE	Energéticos e Qualidade do Ar
Serviços	Sujeitos a processo de licenciamento municipal e de CE	
Pequenos* com Pr $\leq$ 25 kW	RCCTE	Energéticos
Pequenos* com P>25 kW ou Grandes**	RSECE	Energéticos e Qualidade do Ar
Existentes de Serviços	Sujeito a Auditorias Energéticas e de QAI	
Grandes**	RSECE	Energéticos e Qualidade do Ar

Pr - Potência térmica nominal de aquecimento ou arrefecimento

* Área útil < 1000 m²

** Área útil > 1000 m²

A implementação do sistema de certificação em Portugal tem sido reconhecida a nível Europeu como bem-sucedida, tendo o *European Council for an Energy Efficient Economy* (ECEEE), em 2009 apontado Portugal e Irlanda como dois casos de sucesso da CE. Na Figura 2.20, pode-se constatar que, a partir de 2009, o número de CE's emitidos está na casa das dezenas de milhares mensais [50]. É também notória a subida do número de certificados emitidos a partir de 2009, que coincide com a data de entrada em vigor do SCE para todos os edifícios.

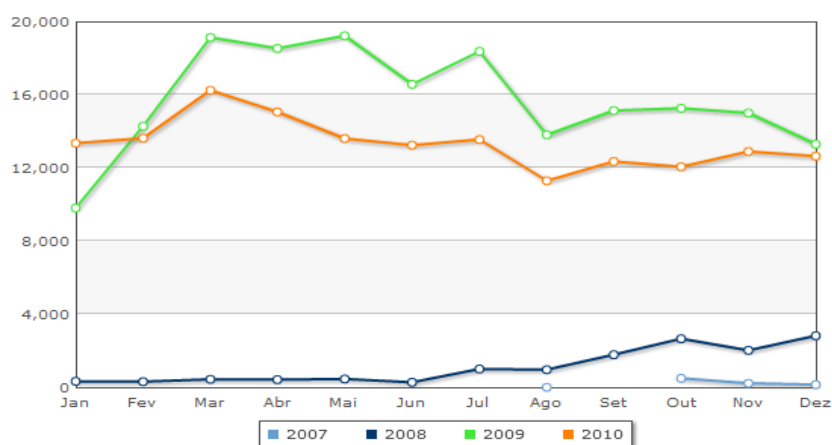


Figura 2.20 - Total de Certificados emitidos por ano. [47]

No entanto, apesar do seu sucesso, ainda existe muita margem para melhorias. O Instituto Eletrotécnico Português (IEP), que conta com uma experiência significativa na participação em processos de certificação RCCTE e RSECE, enumerou algumas dificuldades que têm sentido na operacionalização da certificação: [45]

- **Para os novos edifícios:** as dificuldades dos gabinetes de projeto na adaptação às novas exigências do regulamento; alguma incompreensão dos investidores e proprietários na perceção dos benefícios associados ao investimento inicial acrescido que lhes é imputado;
- **Para os edifícios existentes:** a ausência de documentação técnica (plantas, projetos de arquitetura e de especialidades); os níveis baixos na classe energética, denotando problemas de qualidade térmica das construções em uso; baixas taxas de renovação do ar em grandes edifícios, implicando uma deficiente qualidade do ar interior e a falta de sensibilização para a importância da boa qualidade do ar interior e sua gestão; dificuldade em obter especificações técnicas dos equipamentos; acessos a coberturas dificultados.

Por último, de referir que os responsáveis pela emissão dos certificados são técnicos habilitados, reconhecidos pela Ordem ou pela Associação profissional a que pertencem [48], e são designados por Peritos Qualificados (PQ). Para obterem essa designação necessitam de pelo menos 5 anos de experiência profissional na respetiva área, e a frequência em formações específicas no âmbito do SCE oficialmente reconhecidas pela ADENE. Existem diferentes peritos por cada uma das áreas da certificação - RCCTE, RSECE Energia e RSECE QAI - e serão de seguida descritos com mais detalhe. A figura seguinte resume sucintamente todos os intervenientes neste processo.

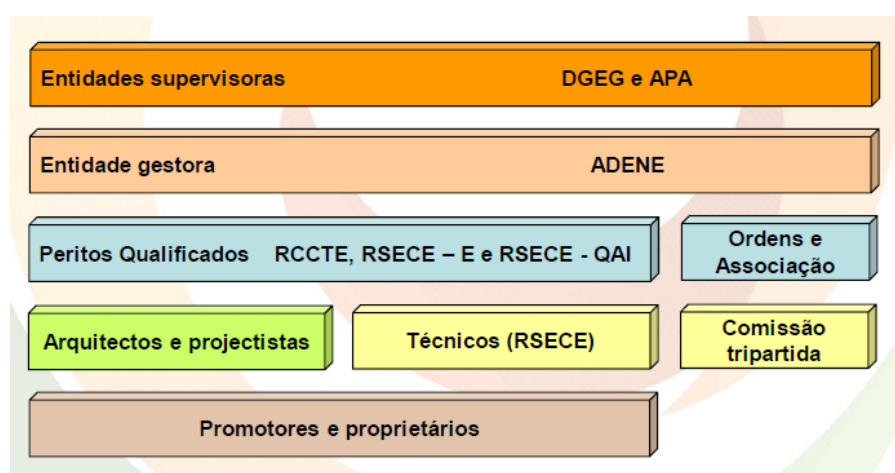


Figura 2.21 - Esquema organizativo do SCE. [44]

Após a descrição da “embalagem” do SCE, resta-nos explicar o seu conteúdo e mostrar quais as áreas em que este mecanismo de inspeção e certificação atua.

2.4.3 - O Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE)

O RCCTE veio estabelecer requisitos de qualidade ao nível das características da envolvente, limitando as perdas térmicas e os consumos energéticos, e controlando os ganhos solares excessivos, num claro incentivo à utilização de soluções construtivas mais eficientes e a fontes energéticas com menor impacto em termos de consumo de energia primária. A nova legislação determina ainda a obrigatoriedade da instalação de coletores solares, e valoriza a utilização de outras fontes de energia renovável na determinação do desempenho energético do edifício. [51] A sua certificação é feita por Peritos Qualificados no âmbito do RCCTE, que podem exercer a atividade se possuírem mais de cinco anos de experiência profissional relevantes na conceção, direção ou fiscalização de trabalhos em edifícios com exigências térmicas.

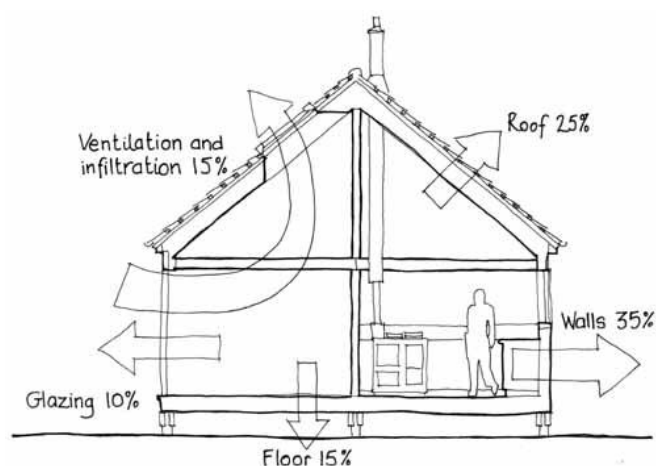


Figura 2.22 - Quantificação das perdas térmicas em edifícios [53]

Os requisitos estipulados pelo RCCTE são valores máximos admissíveis de coeficientes de transmissão térmica dos elementos da envolvente opaca e transparente (paredes, envidraçados, pavimentos, coberturas, entre outros), que podem ser calculados através de fórmulas que se encontram no regulamento e por fim comparadas com valores nominais tabelados, mediante o tipo de material utilizado e a sua configuração; valores limite para as necessidades energéticas, nomeadamente para aquecimento, arrefecimento, preparação de águas quentes sanitárias e de energia primária.

A Figura 2.22 quantifica as perdas normais numa residência doméstica, que tendem a ser minimizadas com a introdução desta legislação.

O Decreto-Lei está organizado em 18 artigos, 5 capítulos e 9 anexos, e o seu conteúdo está separado pelos seguintes tópicos:

Capítulo I - Objeto e âmbito de aplicação

Capítulo II - Definições, índices e parâmetros de caracterização

Capítulo III - Requisitos energéticos

Capítulo IV - Licenciamento**Capítulo V - Disposições finais e transitórias****Anexo I - Espaços com requisitos de conforto térmico****Anexo II - Definições****Anexo III - Zonamento Climático****Anexo IV - Método de cálculo das necessidades de aquecimento****Anexo V - Método de cálculo das necessidades de arrefecimento****Anexo VI - Método de cálculo das necessidades de energia para preparação de AQS****Anexo VII - Quantificação dos parâmetros técnicos****Anexo VIII - Fichas para licenciamento ou autorização****Anexo IX - Requisitos mínimos de qualidade térmica para a envolvente dos edifícios**

2.4.4 - O Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização em Edifícios (RSECE)

O RSECE veio igualmente definir um conjunto de requisitos aplicáveis a edifícios de serviços e de habitação dotados sistemas de climatização, os quais, para além dos aspetos da qualidade da envolvente e da limitação dos consumos energéticos (já inseridos no RCCTE), abrangem também a eficiência e manutenção dos sistemas de climatização dos edifícios, obrigando igualmente à realização de auditorias periódicas aos edifícios de serviços. Neste regulamento, a qualidade do ar interior surge também com requisitos que abrangem as taxas de renovação do ar interior nos espaços e a concentração máxima dos principais poluentes. Podemos então dividir o RSECE em duas partes distintas, o **RSECE Energia** e o **RSECE QAI** (Qualidade do Ar Interior).

O RSECE Energia tem como finalidade revolucionar o modo como o equipamento dos edifícios é dimensionado, incidindo principalmente sobre o AVAC. Se, antigamente, não existia nenhum cuidado aquando do seu planeamento, agora todos os novos imóveis abrangidos por este regulamento são obrigados a que as suas instalações AVAC (instaladas ou em projeto) não sejam 40% superiores a um valor base, calculado através de métodos descritos no Decreto-Lei, que têm em conta o tipo de utilização do edifício e a sua ocupação e que serão abordados mais à frente.

Uma diferença notória entre este regulamento e o RCCTE é a aplicação de coimas no caso do seu incumprimento, e salienta-se o ponto 3 do Artigo 25.º - *“a negligência e a tentativa são puníveis”* que permite punir a frequente displicência dos proprietários. Assim, a violação desta legislação constitui contraordenação punível com coima de 1.250 € a 3.500 € para pessoas singulares, e de 5.000 € a 40.000 € para pessoas coletivas. Este facto realça a intransigência do RSECE, pois no RCCTE a única punição vigente é a não emissão de um certificado, que por sua vez boicota a sua licença de habitabilidade.

Os requisitos estipulados pelo RSECE Energia são vários:

- Requisitos mínimos de qualidade aplicados à envolvente de **edifícios novos**, que devem obedecer ao RCCTE;
- Requisitos energéticos para **Grandes Edifícios de Serviços** (Área útil > 1000 m²) na forma de valores limite para o consumo global de energia em condições normais de funcionamento;
- Requisitos energéticos para **Pequenos Edifícios de Serviços** - Os existentes não possuem qualquer limitação de consumo de energia, ao passo que os novos serão limitados tanto no consumo, como nos valores das potência AVAC instaladas.

Uma parte fundamental do RSECE Energia é a simulação dinâmica, pois é o método usado para a análise do desempenho energético do edifício, avaliando, de uma forma quantitativa, os consumos potenciais de todos os sistemas, para determinadas condições de funcionamento. Esta ferramenta também pode ser usada para quantificar as necessidades de aquecimento e arrefecimento e as perdas da envolvente e os ganhos internos, levando-nos à desagregação de consumos. A principal razão para esta simulação detalhada é obter o IEE correspondente ao edifício em estudo, mas também podemos usá-la para estudar potenciais medidas de melhoria. Os programas válidos para efeitos do RSECE têm que ser creditados pela norma *ASHRAE* 140-2004, que garante a qualidade das capacidades técnicas do programa. De entre os onze programas abrangidos [52], de salientar os mais usados durante a realização da dissertação: *Designbuilder* e *Hourly Analysis Program (Carrier HAP)*.

Por último, temos o **RSECE QAI**, que monitoriza o ar interior nos edifícios de serviços através de auditorias no local, e estabelece limites de concentração máximos de elementos químicos no ar ambiente. As auditorias são realizadas periodicamente (num intervalo de 2, 3 ou 6 anos, mediante o tipo de utilização) e, caso os limites sejam ultrapassados, o perito pode emitir a CE para o edifício, mas esta não terá validade legal, apresentando uma marca de água que indica que o edifício está sujeito a um Plano de Ações Corretivas de Qualidade do Ar Interior (PAC QAI). De modo a que o CE não exiba a marca de água, o proprietário deve submeter o edifício a um PAC QAI dentro de 30 dias, e quando os limites deixarem de ser ultrapassados o CE poderá tornar legal. Em situações em que se detetam irregularidades nesta área, caso a autoridade competente entender que existe potencial de perigo para a saúde pública, o edifício pode ser suspenso da sua licença de utilização ou até mesmo encerrado.

A certificação RSECE terá que ser realizada por dois peritos qualificados cada uma das áreas do RSECE, ou por apenas um perito que possua ambas as valências necessárias.

A organização do Decreto-Lei n.º 79/2006 é a seguinte:

Capítulo I - Objeto e âmbito de aplicação

Capítulo II - Definições, índices e parâmetros de caracterização

Capítulo III - Requisitos energéticos

Capítulo IV - Requisitos para a manutenção da qualidade do ar interior

Capítulo V - Requisitos para a conceção das instalações mecânicas de climatização

Capítulo VI - Construção, ensaios e manutenção das instalações

Capítulo VII - Licenciamento

Capítulo VIII - Sanções e coimas

Capítulo IX - Disposições Transitórias

Anexo I - Definições

Anexo II - Repartição de potências de aquecimento

Anexo III - Espessuras mínimas de isolamento

Anexo IV - Pontos de medição obrigatórios para monitorização das instalações

Anexo V - Fichas para licenciamento

Anexo VI - Caudais mínimos de ar novo

Anexo VII - Concentrações máximas de referência de poluentes no interior dos edifícios existentes

Anexo VIII - Métodos de previsão de consumo de energia

Anexo IX - Métodos de cálculo do indicador de eficiência energética (IEE)

Anexo X - Valores limite dos consumos globais específicos dos edifícios de serviço existentes

Anexo XI - Valores de referência limite dos consumos nominais específicos dos novos edifícios de serviços

Anexo XII - Valores alternativos de IEE para algumas tipologias de edifícios

Anexo XIII - Método de cálculo do período de retorno para medidas de eficiência energética

Anexo XIV - Ensaio de receção de instalações

Anexo XV - Padrões de referência de utilização dos edifícios

2.5 - Conclusão

Este capítulo pretende inserir o leitor dentro da problemática que precede a criação desta lei, de modo a melhor se compreender qual a grande motivação e o âmbito da sua criação. O seu passado legislativo mostra-nos a evolução dos últimos anos nesta área, e permite concluir que a tendência será para continuar a sua expansão com uma frequência de atualizações bastante elevada, não só para melhorar as leis já existentes, como para aumentar a inspeção ao modo como a energia é consumida.

Com a breve introdução ao Sistema de Certificação Energética nacional, é criado o ponto de partida para uma análise extensiva a toda a estrutura legislativa, desde aos métodos de obtenção dos limites que permitem obter a classificação, até à análise do mercado que esta

legislação veio criar. O sumário da legislação permite, por si só, entender qual as zonas de incidência, como também quais os parâmetros que vão estar em causa em cada um dos casos. É passível de verificar que uma leitura rápida à estrutura de cada uma delas nos oferece alguma noção sobre o que vai ser discutido no capítulo seguinte.

Capítulo 3

A Aplicação do Sistema de Certificação Energética

O capítulo anterior pretendia mostrar como surgiu o SCE, referindo-se à sua estrutura e à razão da sua existência, de modo a justificar o rigor e intransigência que caracterizam todo o processo. Agora, com as bases erguidas, é tempo de fazer uma análise ao sistema em si, adotando uma visão mais prática e aprofundando as diferentes etapas e processos burocráticos que o envolve. O objetivo desta abordagem é oferecer uma análise crítica ao trabalho efetuado nesta área, e referenciar as normas e/ou *softwares* utilizados em cada etapa. Para isso, este capítulo abordará três áreas distintas (Métodos de Cálculo, Mercado Energético e Melhorias) que têm como objetivo resumir a aplicação da legislação e dividi-la na sua aplicação prática e económica, ao mesmo tempo que se apresenta os resultados práticos da sua aplicação.

Os métodos normalizados serão uma forma de abordar matematicamente toda a legislação, que será muito importante para compreendermos quais os fatores e qual o seu peso na certificação energética. Esta interpretação é essencial por duas razões: primeiro, permite compreender e justificar a utilização de medidas de melhoria; segundo, a análise a todas as grandezas permite-nos ganhar uma maior sensibilidade à aplicação da legislação.

A escolha da abordagem ao mercado energético deve-se ao facto de o SCE ter vindo adicionar muito mais do que burocracia à construção e ao mercado imobiliário em Portugal pois também abriu espaço para a aposta no fornecimento de novos serviços, criando novas empresas em Portugal, e com isso novos postos de emprego. Ao mesmo tempo, promove a irradiação do desperdício energético e mostra-nos o caminho para a racionalização das matérias-primas.

No último tópico desta secção, far-se-á uma análise detalhada aos métodos mais utilizados para promover a eficiência energética, que poderão servir como proposta de melhoria em qualquer edifício ou como linha de orientação aquando da construção de um novo imóvel. O principal objetivo será identificar quais as áreas que mais facilmente se poderá obter uma melhoria de classificação, tendo sempre em atenção a sua viabilidade económica.

De salientar também que, no âmbito da realização desta dissertação, o RSECE QAI não sofrerá uma análise tão exaustiva quanto todos os outros devido à sua especificidade.

3.1 - Métodos Normalizados de Classificação

Qualquer que seja a tipologia do imóvel, a sua certificação terá que obedecer a várias regras, pressupostos e normas. A uniformização do processo é fulcral - seria inconcebível diferentes entidades certificadoras obterem resultados díspares e válidos em relação ao mesmo imóvel. Assim, o objetivo da criação de métodos normalizados de cálculo para os diferentes coeficientes é dotar o sistema de transparência e de padrões de exigência, de modo a tornar mais fácil a sua fiscalização e consequente identificação de irregularidades nos processos. Mais do que um modo de quantificar as necessidades energéticas, é uma forma objetiva de comparar edifícios desde a fase da sua conceção, do ponto de vista do seu comportamento térmico e energético.

Todas as fórmulas são descritas com o intuito de, mais tarde, justificarem a realização de melhorias num edifício, pois permitirão quantificar essa melhoria tanto em termos de energia consumida como em termos de classificação. Além do mais, se se pretende atuar na classificação energética do edifício, é indispensável entender o método de obtenção dessa classificação, de forma a perceber qual o melhor método de a melhorar.

Note-se que o tipo de imóvel que cada um dos regulamentos abrange já foi abordado no capítulo anterior, e encontra-se sumariado na Tabela 2.4.

3.1.1. RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

O Decreto-Lei n.º 80/2006, constituído por 18 artigos separados por 5 capítulos e 9 anexos, possui toda a informação necessária para a verificação das condições térmicas de um edifício.

O primeiro passo para a certificação energética é obtermos os dados climáticos de referência para o edifício em questão. Para isso, é necessário verificar no quadro III.1 do Anexo III do regulamento quais os dados para o concelho do imóvel, nomeadamente quanto a: zona climática de Inverno e de Verão, número de Graus-Dias, duração da estação de aquecimento, temperatura exterior do projeto e amplitude térmica. A Figura 3.1 apresenta a variação das zonas climáticas por zona do país, de acordo com o regulamento.

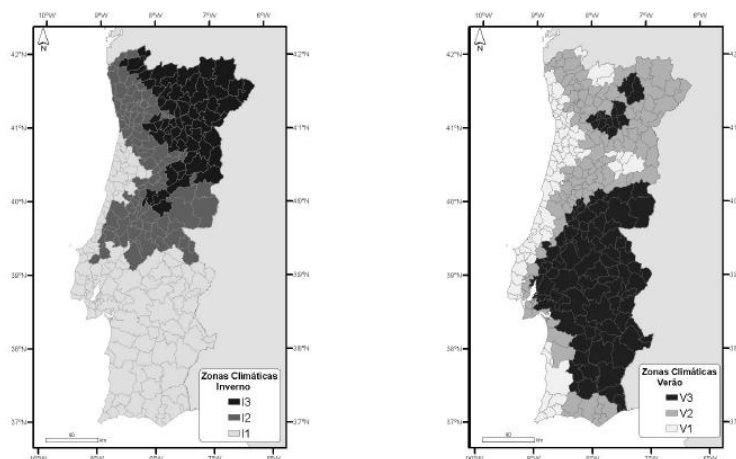


Figura 3.1 - Distribuição das zonas climáticas de Inverno (à esquerda) e verão (à direita) pelo país. [38]

Estes dados permitem compensar os gastos energéticos de cada edifício de acordo a sua localização, de modo a que um edifício no Porto seja penalizado caso se, nas mesmas condições de uso, estiver a gastar o equivalente a outro situado em Bragança. Grande parte dos *softwares* de simulação já possuem estes dados no seu código, pelo que basta seleccionar a zona e o programa automaticamente fará o resto. É importante também mencionar que estes valores podem sofrer algumas alterações em alguns casos, como por exemplo caso o edifício se encontre a uma altitude superior a 400 metros.

Os valores obtidos servirão para, mais tarde, calcular os valores das necessidades nominais de energia útil para aquecimento, arrefecimento e produção de AQS, e dos requisitos mínimos para a qualidade térmica dos edifícios, que, segundo o Capítulo III do Decreto-Lei, tem um limite máximo que, caso sejam ultrapassados, o edifício não poderá ser certificado energeticamente.

O segundo passo para a certificação é a caracterização detalhada de toda a constituição do edifício, por forma a obter informação sobre áreas, soluções construtivas e suas pontes térmicas, pés-direitos, envidraçados, coberturas e pavimentos. Todas as medições são contabilizadas pelo interior, e é muito importante distinguir entre três tipos de paredes: paredes exteriores, paredes interiores (ou de compartimentação), e paredes interiores com requisitos de exterior (em contacto com espaços não úteis). Cada tipo de parede terá requisitos bastante diferentes e, mesmo que possuam todos a mesma constituição, o seu peso no valor final não será igual para todas.

A qualidade do material será quantificada através do seu coeficiente de transmissão térmico U , expresso em $W/m^2 \cdot ^\circ C$. No Anexo VII do RCCTE encontra-se o método de cálculo a usar para a obtenção do coeficiente para cada tipo de envolvente. A fórmula é a seguinte:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}} \quad (3.1)$$

em que R_{si} e R_{se} são, respetivamente, as resistências térmicas superficiais interior e exterior, e R_j é a resistência térmica da camada j . Será necessário também calcular a inércia térmica do edifício, que será preponderante para a ponderação do aproveitamento dos ganhos energéticos, que veremos mais à frente. Para a obtenção dos valores de cada camada é necessário consultar as publicações ITE 50 e ITE 54 - “*Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*”, do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), que contém os valores da condutibilidade térmica dos materiais mais correntemente utilizados na construção civil. Caso a solução construtiva não se encontre tabelada nessas publicações, o respetivo valor de U deve ser obtido usando os princípios de cálculo descritos na Nota Técnica NT-SCE-01, ou nas normas europeias *EN ISO 6946* e *EN ISO 13789*. No mesmo âmbito, é necessário calcular ainda o fator solar⁴ dos envidraçados e identificar todas as pontes térmicas lineares existentes, que são todas as zonas de ligação perpendiculares entre paredes que estejam em contacto com o exterior.

O **terceiro passo** consiste em calcular as necessidades de aquecimento, arrefecimento e produção de AQS. No anexo IV, encontra-se a metodologia de cálculo para as necessidades de aquecimento, que tem em conta a soma algébrica de diferentes valores dividida pela área útil em questão, como forma de estimar a energia útil que o edifício necessitará para manter a temperatura de referência do artigo 14.º durante a estação de aquecimento. A expressão a seguir demonstra como são calculadas essas necessidades:

$$N_{ic} = \frac{Q_t + Q_v - (Q_s \times Q_i) \cdot \eta}{A_p} \quad (3.2)$$

As variáveis que a constituem são:

- Q_t - perdas de calor por condução através da envolvente dos edifícios;
- Q_v - perdas de calor resultantes da renovação de ar;
- Q_s - ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar;
- Q_i - ganhos térmicos associados a fontes internas de calor;
- η - fator de utilização dos ganhos (n.º 4.4 do anexo IV), definido em função da inércia térmica do edifício e da relação entre as perdas térmicas totais;
- A_p - área útil de pavimento.

⁴ Fator solar - quociente entre a energia solar transmitida através do vidro para o interior e a energia solar nele incidente.

O valor máximo limite, N_i , aplicável a esta necessidade é calculado através das fórmulas que constam no ponto 1 do Artigo 15.º da presente legislação, que podem variar mediante o Fator de Forma (FF) do edifício em questão. Na alínea *dd*) no Anexo I, o FF é definido como “o quociente entre o somatório das áreas da envolvente exterior (A_{ext}) e interior (A_{int}) do edifício [...] e o respetivo volume interior (V) correspondente, conforme a fórmula seguinte:

$$FF = [A_{ext} + \sum (\tau A_{int})_i] / V \quad (3.3)$$

em que τ é definido no anexo IV.”

Após o cálculo do fator de forma com os dados dos levantamentos já efetuados, podemos obter o valor limite das necessidades em kWh/m².ano, usando a fórmula escolhida mediante o valor de FF obtido, que é do tipo:

$$N_i = 4,5 + k.GD \text{ para } FF \leq 1,5 \text{ ou } N_i = 4,05 + k.GD \text{ para } FF > 1,5 \quad (3.4)$$

em que k é uma constante obtida no regulamento referido. Automaticamente, com o preenchimento de dados na tabela IV.1f, a Folha de Cálculo IV.2 irá efetuar a comparação entre todos os valores finais calculados, de modo a verificar se o valor se encontra em conformidade com o regulamento.

Analogamente, o processo de cálculo das necessidades de arrefecimento é idêntico, vindo descrito no anexo V do Decreto-Lei. Este índice pretende quantificar a energia útil que é necessário retirar do interior do edifício para manter a temperatura de referência definida no artigo 14.º durante toda a estação convencional de arrefecimento (de junho a setembro). Também são fornecidas, no anexo referente a este tema, folhas de cálculo que sistematizam todo o processo, e que culminam com uma comparação entre o valor nominal e o valor máximo permitido por legislação. A expressão seguinte demonstra que fatores influenciam o valor final deste índice:

$$N_{vc} = \frac{(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) \times (1 - \eta)}{A_p} \quad (3.5)$$

em que os valores de Q representam os ganhos totais brutos da fração autónoma que são necessários minimizar, mais concretamente:

- **Q1** - ganho através da envolvente, que envolvem fenómenos combinados da diferença de temperatura e da incidência de radiação solar;
- **Q2** - ganhos devido à entrada da radiação solar através dos envidraçados;

- **Q3** - ganhos através da renovação de ar;
- **Q4** - ganhos internos, devido aos equipamentos, ocupantes e iluminação artificial.
- η - fator de utilização dos ganhos (n.º 4.4 do anexo IV);
- A_p - área útil de pavimento.

De salientar que os envidraçados têm um grande peso nas necessidades de arrefecimento, pois, não sendo opacos, permitem a penetração de grandes quantidades de energia solar, aumentando criticamente a quantidade de energia a retirar de um espaço climatizado. O **fator solar** de um envidraçado pretende quantificar essa permissividade, e o método de cálculo desse valor está descrito no anexo V do RCCTE.

O valor limite das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (Nv) encontram-se no ponto 2 do artigo 15.º e variam apenas mediante a zona climática de verão onde o edifício se insere.

É necessário ainda calcular as necessidades de energia para preparação de água quente sanitária. O anexo VI do RCCTE contém o cálculo que permite realizar esse processo, cuja fórmula básica é:

$$N_{ac} = \left(\frac{Q_a}{\eta_a} - E_{solar} - E_{ren} \right) / A_p \quad 3.6$$

em que:

- Q_a - energia útil despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS;
- η_a - eficiência de conversão desses sistemas de preparação;
- E_{solar} - contribuição de sistemas de coletores solares para o aquecimento de AQS;
- E_{ren} - contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis para a preparação de AQS, bem como quaisquer formas de recuperação de calor dos equipamentos ou de fluidos residuais;
- A_p - área útil de pavimento.

Os parâmetros de cálculo vão ter em conta valores de referências de acordo com a tipologia em questão. Nas tabelas VI.1 e VI.2 do documento, podemos retirar valores que são utilizados para estimar estas necessidades, nomeadamente o número convencional de ocupantes por tipologia, e o número anual de consumo de AQS por tipo de edifício. Estão ainda tabelados valores de referência para a eficiência dos sistemas em questão, que podem ser utilizados na ausência de informação mais precisa.

O valor limite para as necessidades de energia para preparação de AQS (N_a) é definido no ponto 3 do artigo 15.º e é dado pela equação seguinte:

$$N_a = 0,081 \cdot M_{AQS} \cdot n_d / A_p \quad (3.7)$$

em que M_{AQS} corresponde ao consumo médio diário de referência (ponto 2.1 do anexo VI), n_d o número anual de dias de consumo, e A_p a área útil de pavimento.

O cálculo de todas as necessidades é um processo bastante complexo e existem várias ferramentas que permitem simplificar o processo, mas é sempre de boa prática o conhecimento intrínseco da metodologia de cálculo inerente. Como pudemos constatar, existem dezenas de fatores a ser calculados ou obtidos por analogia, e caso todo processo não seja devidamente concluído, pode-se involuntariamente cometer erros passíveis de punição em caso de fiscalização, já que se pode estar a interferir no real valor energético da(s) fração(ões).

O **quarto e último passo** da verificação de um edifício, independentemente do seu estado de execução, é a inserção de todos os dados levantados pelo perito qualificado responsável no *website* da ADENE, de modo a emitir o certificado, sendo necessário que este esteja registado na base de dados da ADENE. Automaticamente, todos os limites são verificados, mais concretamente:

- Todos os coeficientes térmicos de envolventes obtidos;
- As necessidades calculadas de aquecimento, arrefecimento e de preparação de AQS;
- Todos os envidraçados com mais de 5% da área útil do espaço que servem.

O método de cálculo da classificação final do edifício é apresentado no Despacho n.º 10250/2008 - Modelo dos Certificados de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior. No ponto 1 do 3.º Artigo, pode-se verificar que a classificação no âmbito do RCCTE é obtida através da seguinte fórmula:

$$R = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad (3.8)$$

em que R representa a razão entre as necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes N_{tc} e o valor limite máximo regulamentar para as mesmas necessidades anuais globais N_t . Ambos os valores estão descritos, respetivamente, no ponto 4 e 5 do artigo 15.º do RCCTE, sendo obtidos pelas seguintes fórmulas:

$$N_{tc} = 0,1 \left(\frac{N_{ic}}{N_i} \right) F_{pui} + 0,1 \left(\frac{N_{vc}}{N_v} \right) F_{puv} + N_{ac} F_{pua} \quad (3.9)$$

$$N_t = 0,9(0,01N_i + 0,01N_v + 0,15N_a) \quad (3.10)$$

onde os coeficientes F_{pu} são fatores de ponderação de cada necessidade, que têm em conta os padrões habituais de utilização [bastante vago, mas o RCCTE não menciona nada mais sobre estes fatores]. Por fim a obtenção da classificação energética consta no ponto 4 do artigo 3.º do Despacho n.º 10250/2008, estando representada na Tabela 3.1. Com os devidos cálculos, poderemos obter a letra correspondente à qualidade energética do edifício.

Tabela 3.1 -Classificação final RCCTE [54]

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	$R > 3,00$

A classificação energética permitida em edifícios novos é de A+ a B-, o que significa que não é permitido aos novos edifícios ultrapassar o limite das necessidades energéticas N_t imposto no RCCTE. O facto de os existentes não terem limite de classificação é justificado por as habitações mais antigas serem, frequentemente, de fraca qualidade de construção e por o investimento para aumentar a sua eficiência energética poder revelar-se incomportável, injustificado e economicamente inviável.

3.1.2. RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização em Edifícios

Apesar de podermos afirmar que este regulamento é bastante mais abrangente e intransigente que o primeiro, não podemos dizer que a complexidade matemática requerida durante todo o processo seja proporcional a esse facto. É certo que o número de artigos duplica, mas o número de fórmulas matemáticas diminui substancialmente. Os 36 artigos estão separados por 9 capítulos e os anexos aumentaram de 9 para 15.

O primeiro passo para a aplicação desta legislação consiste no levantamento de todos os dados do edifício. Analogamente ao RCCTE, é necessário obter valores do coeficiente de transmissão térmica U para todos os elementos construtivos do edifício e o método de cálculo é o mesmo já referido anteriormente. No caso do edifício em questão ser considerado um grande edifício de serviços (GES), existe ainda a necessidade de efetuar levantamentos adicionais, nomeadamente quanto à ocupação real, por zona, do edifício e à densidade de

equipamento e iluminação instalada. Estes dados são contabilizados nos GES pelo facto de uma grande densidade de equipamento ou a sobrepopulação numa determinada área não poderem ser ignoradas, pois afetam tanto os valores de energia útil referentes a aquecimento e arrefecimento, como a qualidade do ar interior. Deste modo, o RSECE tem em mente não só a regularização do consumo energético, mas também a criação de condições de conforto térmico, de higiene e de saúde, visando o bem-estar dos ocupantes do edifício.

O **segundo passo** consiste em identificar os requisitos que vão ser aplicados. Consultando o Capítulo III do RSECE, podemos verificar se o edifício estará sujeito a limites de consumo energético, bastando para isso saber qual o tipo de edifício que vamos classificar. Com o levantamento das áreas úteis e das características do equipamento AVAC efetuados anteriormente, estão reunidas quase todas as condições para classificar o edifício quanto à sua utilização: fica a faltar apenas dados referentes à iluminação exterior, bombas de rega e de AQS, elevadores, entre outros, cuja simulação não contempla. A classificação pode variar entre Pequenos Edifícios de Serviços (PES) ou Grandes Edifícios de Serviços (GES), por construir ou existentes, ou novos edifícios de habitação com sistemas de climatização. Na Tabela 3.2, está representado, sucintamente, um resumo desse capítulo da legislação, onde o IEE é o Índice de Eficiência Energética que será abordado a seguir e os 80% RCCTE representam 80% do valor obtido pelo método de cálculo do RCCTE, quer para o aquecimento, quer para o arrefecimento.

Tabela 3.2 - Limites de consumo energético por tipo de edifício.

Tipo	Limite
GES Existentes	IEE
GES Novos	IEE
PES Existentes	Nenhum
PES Novos	80% RCCTE
Novos de Hab. Com Clim.	80% RCCTE

Além dos limites energéticos, a classificação do tipo de edifício também nos transmite informações sobre os requisitos da qualidade interior:

- De acordo com o capítulo IV, todos os **novos** edifícios estão obrigados a respeitar as taxas de renovação de ar indicadas no anexo VI do presente regulamento e os edifícios existentes com sistema de climatização estão sujeitos a auditorias QAI, onde são medidas a concentração dos diferentes poluentes;
- De acordo com o capítulo V, a potência de climatização a instalar em **novos** edifícios não pode exceder em mais de 40% o valor obtido por simulação dinâmica.

O terceiro passo consiste em obter o consumo energético do edifício. O Índice de Eficiência Energética (IEE) pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$IEE = \frac{(Q_{aq} \times F_{Cl} + Q_{arr} \times F_{CV} + Q_{out})}{A_p} \quad (3.11)$$

em que:

- IEE - indicador de eficiência energética (kgep/m².ano);
- Q_{aq} - consumo de energia de aquecimento (kgep/ano);
- F_{Cl} - fator de correção do consumo de energia de aquecimento, obtido através da divisão das necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE em diferentes zonas;
- Q_{arr} - consumo de energia de arrefecimento (kgep/ano);
- F_{CV} - fator de correção do consumo de energia de arrefecimento, obtido através da divisão das necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE em diferentes zonas;
- Q_{out} - consumo de energia não ligado aos processos de aquecimento e arrefecimento (kgep/ano);
- A_p - área útil de pavimento (m²).

Apesar de a fórmula para o IEE ser única, o modo como o obtemos varia bastante, devido ao leque de possíveis situações. Um dos modos de calcular este valor é utilizando os consumos energéticos dos últimos 3 anos, que geralmente podem ser fornecidos através de sistemas de monitorização e gestão de energia. Caso este tipo de equipamento não esteja disponível (situação mais comum), o consumo do edifício vai ser estimado através de uma simulação dinâmica ao edifício que nos dará como *output* uma estimativa dos dados de consumos anuais do edifício. Para validar a simulação, são comparados os valores das faturas energéticas dos últimos 3 anos com os valores simulados, e caso o valor do desvio seja inferior a 10%, a simulação encontra-se legalmente validada. A simulação é uma ferramenta poderosa e indispensável na certificação energética, permitindo calcular consumos energéticos considerando os caudais de renovação de ar nominais do anexo VI e os valores de iluminação, equipamento e densidade de ocupação do anexo XV.

O segredo da simplicidade matemática do RSECE, referida inicialmente, reside na simulação. Toda a complexidade do cálculo de consumos energéticos anuais é suportada pela aplicação: esta possui uma grande base de dados climática de todas as zonas e estima o gasto energético de aquecimento tendo em conta as variações de temperatura anuais, a posição do sol, amplitude térmica diária e sombreamentos. Graças a esta ferramenta, podemos facilmente comparar o consumo real e o estimado e obter uma análise fiel do sistema. No

entanto, apesar de ser uma operação matematicamente simples, a introdução dos dados no sistema já é notoriamente complexa. É necessário diferenciar todos os materiais construtivos, atribuir-lhes o U e a área correspondente, distinguir entre envolventes em contacto com o exterior e em contacto com espaços não úteis, dimensionar detalhadamente o AVAC, etc. A Tabela 3.3 mostra sucintamente alguns dados sobre os diferentes IEE's que podem ser necessários obter para o cálculo da classificação.

A questão da simulação será analisada com maior detalha no capítulo 4 pelo que, neste momento, fica apenas a referência à sua imprescindibilidade na execução deste passo.

Tabela 3.3 - Tipos de IEE. [46]

Tipo IEE	Designação	Como se determina?	Para que serve?
$IEE_{real, faturas}$	IEE real obtido pelas faturas	Por análise simples das faturas energéticas	Verificação do requisito energético em Ed. Exist. e da necessidade de um PRE
$IEE_{real, simulação}$	IEE real obtido por simulação	Por simulação dinâmica, usando os perfis reais de utilização	Auditorias a Ed. Novos, verificação do requisito energético e de um PRE
IEE_{nom}	IEE nominal	Por simulação dinâmica em cond. nominais (Anexo XV)	Verificação do req. Energético e classificação do edifício
$IEE_{ref, novo}$	IEE de referência limite para edifícios novos	Definido no Anexo XI	Verificação do req. Energético em novos e referência para a classificação
$IEE_{ref, exist}$	IEE de referência limite para edifícios existentes	Definido no Anexo X	Verificação do req. Energético em existentes e da necessidade de um PRE

O IEE nominal é indispensável em todo este processo, pois é o método utilizado para obter a classificação energética do edifício. Este valor é obtido através da simulação dos consumos, utilizando os perfis de utilização nominais fornecidos no anexo XV do RSECE. Estes perfis, que se encontram agrupados por tipo de finalidade de utilização do edifício, dividem-se por iluminação, ocupação e equipamento e, cada um tem associado um perfil como o da Figura 3.2.

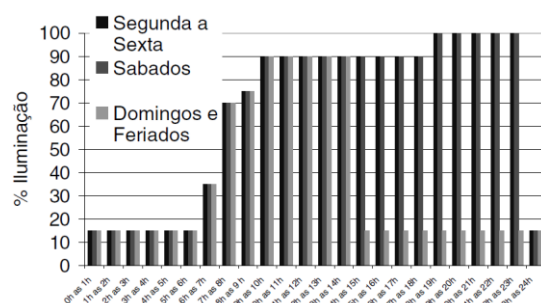


Figura 3.2 - Exemplo de perfil de utilização empregue na obtenção do IEE nominal. [38]

Com a obtenção dos consumos anuais totais, distribuídos por cada um dos componentes (AVAC, iluminação e equipamento), podemos então calcular o valor IEE de modo a poder verificar o seu limite, utilizando os seguintes fatores de conversão:

- Eletricidade: 0,290 kgep/kWh;
- Combustíveis: 0,086 kgep/kWh;

No **quarto e último passo** efetua-se a verificação de todos os requisitos, calcula-se a classificação final e, por fim, emite-se o certificado energético e da qualidade do ar interior. O método encontra-se no despacho n.º 10250/2008 já referido e apresenta-se na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Classificação no âmbito do RSECE [54]

Classe Energética	Condição a verificar
A+	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,75.S$
A	$IEE_{ref} - 0,75.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,50.S$
B	$IEE_{ref} - 0,50.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,25.S$
B-	$IEE_{ref} - 0,25.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref}$
C	$IEE_{ref} < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 0,50.S$
D	$IEE_{ref} + 0,50.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,00.S$
E	$IEE_{ref} + 1,00.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,50.S$
F	$IEE_{ref} + 1,50.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 2,00.S$
G	$IEE_{ref} + 2,00.S < IEE_{nom}$

Independentemente do tipo de edifício, para fins de classificação energética são utilizados os IEE de referência para novos. No entanto, para verificação de limites de consumo energético, são aplicados os valores correspondentes a cada uma das tabelas. Geralmente, um edifício é constituído por mais do que uma topologia (por exemplo, um hotel poderá possuir perfis de hotel, cozinhas e restaurantes na mesma fração), pelo que os IEE's utilizados serão uma média ponderada calculada com as áreas afetas a cada perfil; o limite de consumo também será uma ponderação de todas as áreas e IEE. O valor de S está presente no anexo IV do despacho já referido anteriormente.

Os limites das propriedades térmicas impostos pelo RCCTE também têm que ser respeitados neste regulamento. A este ponto constata-se que a envolvente é universalmente contabilizada em qualquer edifício, pelo que a sua qualidade é de extrema importância para a regulamentação no âmbito do SCE.

Tal como no RCCTE, o certificado será emitido através do site da ADENE, após a inserção dos dados por parte do(s) perito(s) responsável(eis), e conterá ainda informações relativas à auditoria QAI realizada, quando aplicável.

3.2 - O Mercado Energético criado pelo SCE

Nesta secção será feita uma análise ao mercado que o SCE proporcionou no panorama nacional. Ao elaborá-la, o principal objetivo é alertar o leitor para o facto de que este sistema é mais do que um regulamento que criou profundas alterações nos consumos energéticos em edifícios: a obrigação da certificação abriu espaço para empresas prestadoras deste tipo de serviços. Este cenário não se verifica só em Portugal, verifica-se o crescimento deste tipo de empresas comumente designadas por empresas de serviços de energia (ESCo - *Energy Services Companies*) por toda a Europa.

Assim, torna-se imperativo fazer uma análise a esta área, pois a existência de um suporte financeiro permite-lhe crescer e caminhar para a sua autossustentabilidade, já que, pelo menos neste momento, a aplicação de todos estes planos é maioritariamente financiada pela União Europeia.

A Adjudicação

No mercado energético, a prestação de um serviço é iniciada após a adjudicação⁵, que é a conclusão formal do processo de negociação entre possíveis empresas certificadoras e potencial cliente, podendo ser feita através de contacto direto entre as duas partes ou através de concurso público. O serviço prestado dependerá dos termos acordados aquando da celebração do contrato, e pode variar desde uma simples emissão de um certificado de RCCTE até ao acompanhamento desde a fase de projeto até à sua licença de utilização no âmbito do RSECE.

Geralmente, os preços dos processos RCCTE são muito menores devido à sua maior simplicidade, e, no caso dos RSECE, quanto maior a área, maior é o custo da certificação, embora seja menor o preço por metro quadrado. O preço de um processo RSECE vai variar também com o tipo de serviços que vai ser prestado.

⁵Adjudicação - Ato de declarar quem é que tem direito a.

Por forma a oferecer uma noção sobre os *cash-flows* que o SCE veio a exercer, foi elaborada uma análise estatística sobre os preços de certificação energética praticados na empresa que suportou este trabalho, que se encontram descritos na tabela abaixo.

Tabela 3.5 - Análise estatística aos preços praticados.

Âmbito	Preço Médio	Desvio-padrão
RCCTE	246,42 €	98,90 €
RSECE PES	788,74 €	130,24 €
RSECE GES	4.125,92 €	2.318,67 €

Para os processos RCCTE e RSECE PES, é possível estimar um valor base para cada tipo de imóvel, valor esse que poderá ser agravado com a distância da deslocação. No caso de RSECE GES, a grande disparidade de preços deve-se não só ao custo da deslocação, mas também a outras variáveis: a área útil (que influencia bastante o tempo gasto na auditoria, pelo facto de ser necessário efetuar o levantamento de todo o equipamento instalado), a necessidade de elaboração de uma auditoria energética ou de QAI, de um PRE ou de um PAC QAI.

O Mercado Energético

A Diretiva da Performance Energética dos Edifícios (EPBD) veio criar uma nova área de prestação de serviços por toda a Europa. A International Energy Agency (IEA) estima que entre 2004 e 2030, a procura de energia cresça 53% - facto que aponta para o crescimento das ESCo como uma necessidade. O conceito de empresas de serviços de energia já existe desde os anos 70, onde eram responsáveis pelo fornecimento de energia a custos fixos, contrariando as variações do petróleo. Apesar disso nunca tiveram um papel tão fundamental nas políticas energéticas como agora. No contexto atual de eficiência energética, estas empresas sofreram uma evolução, pois agora possuem o *know-how* para certificar edifícios, elaborar auditorias energéticas e estimar a viabilidade de propostas de melhoria na racionalização da energia. O seu conceito pode variar de país em país, no entanto, com a uniformização da política energética (referida no Capítulo 2), estas entidades garantem resultados de poupança energética, ao contrário das antigas *Energy Service Providers* (ESP), que tal como o nome indica, tinham apenas a finalidade de fornecer energia.

O grande objetivo deste novo conceito é fazer com que a remuneração destas empresas tenha como base a quantificação dos seus ganhos através da eficiência. Com as novas medidas legislativas, o fornecimento de energia destas empresas terá que ser feita principalmente através da produção local de energia renovável - no caso de edifícios é utilizada principalmente eólica, solar ou geotérmica.

Em Portugal, a maioria das ESCo são pequenas empresas ou subsidiárias de grandes empresas, que têm como *core-business* os serviços energéticos. Na tabela seguinte,

apresentam-se dados elaborados em 2010 pelo *Joint Research Centre (JRC)*, que permitem uma comparação da realidade do mercado nacional com outros países europeus.

Tabela 3.6 - Comparação entre principais mercados energéticos europeus, em 2010. [56]

	Portugal	Itália	Alemanha	Reino-Unido
Nº de ESCo	3-10	100-150	250-500	20
Valor de Mercado	3-10 Milhões €	387 Milhões €	1,7-2,4 Biliões €	400 Milhões €
Tipos de ESCo	Serviços energéticos e empresas de fornecimento	Diversos	Fornecedores de energia e fabricantes de sistemas de automação e controlo de edifícios	Subsidiárias de grandes fabricantes de sistemas de automação e controlo de edifícios e Serv. Energéticos
Desenvolvimento de Mercado	Sem mudanças significativas	Tendência de crescimento	Crescimento estável	Sem crescimento significativo
Projetos ESCo e principais medidas de eficiência	Iluminação pública e interior, cogeração no sector público	Iluminação, edifícios, renováveis, cogeração e indústria	Não residencial, cogeração, redes de aquecimento urbano, e renováveis	Edifícios no sector público, cogeração e redes de aq. urbano

Em suma, uma ESCo pode fornecer vários serviços, como por exemplo:

- Estudos de viabilidade a nível de engenharia, auditorias e auditorias de investimento;
- Aquisição de equipamentos e instalação;
- Gestão de riscos e de instalações;
- Serviços de qualidade do ar interior;
- Medição e verificação de poupanças.

Em Portugal, o parque edificado é constituído por cerca de 4 milhões de alojamentos, sendo que 69,4% destes foram construídos antes de 1990, data em que foi criada a primeira ferramenta de controlo à qualidade de construção. A maior parte destes edifícios têm performances energéticas insuficientes, pelo que, ao aumentar a exigência da certificação, estamos a criar um elo de ligação entre estes edifícios e as ESCo - uma ótima medida para combater a perda de fulgor da construção civil. [33]

Serviços no âmbito do SCE

Os principais serviços prestados pelas EScO no âmbito do SCE são as certificações nas diferentes fases de vida do edifício, que, no caso de edifícios novos, poderão ser o **Plano de Verificação (PV)**, a **Declaração de Conformidade Regulamentar (DCR)** e o **Certificado Energético (CE)**.

O nível de detalhe do **PV** varia consoante o seu âmbito: de um modo simples, o PV RSECE é muito mais complexo e abrangente do que o seu equivalente em RCCTE, o Projeto Térmico. Este é elaborado na fase de preconceção da obra, e o seu objetivo é garantir que o edifício vai ser construído com as características necessárias à sua certificação, prevenindo alterações adicionais ao projeto no ato de certificação da DCR. Devido à relação de proximidade entre o projeto de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) e a Qualidade do Ar Interior (QAI) regulamentar, as EScO podem, muitas vezes, ser responsáveis pela conceção do projeto AVAC da obra, o que conduz a uma maior probabilidade de sucesso aquando a certificação, já que, supostamente, o projetista já está a considerar as condições exigidas pelo RSECE.

A **DCR** também é emitida na fase de projeto da obra, sendo o primeiro certificado que um edifício a ser construído possui. Tem como objetivo garantir que o que está em projeto está de acordo com a legislação, tal como o que acontece com o PV. A DCR e o PV têm a mesma função em termos práticos - certificar o edifício em fase de projeto -, no entanto, devido à falta ou de formação ou de sensibilidade por parte dos projetistas (principalmente na área do AVAC), o PV oferece uma primeira análise ao edifício ainda em papel, funcionando como apoio para a sua certificação no âmbito da DCR, documento indispensável para a emissão da licença de construção.

O **CE** nos edifícios novos é elaborado em duas fases distintas.

A primeira fase é no fim da construção da obra, e a emissão do certificado tornará possível a emissão da licença de habitabilidade ou de utilização, por parte da autarquia. Muitas vezes, este processo torna-se bastante complexo e moroso pelo facto de serem efetuadas alterações aos dados de projeto que não são registadas, o que torna indispensável a deslocação ao local para verificar o grau de confiabilidade dos documentos fornecidos.

A segunda fase ocorre após 3 anos consecutivos de utilização do edifício, e serve para verificar se os consumos energéticos reais vão ao encontro das previsões do primeiro certificado. Esta etapa tem especial foco no cumprimento dos limites de necessidades energéticas ou de IEE, apesar de ser sempre necessária a confirmação que não houve alterações significativas à envolvente que possam modificar a componente térmica. Na ausência de grandes alterações, o primeiro certificado já aprovou a parte térmica do edifício pelo que só é necessário verificar a parte do consumo e QAI. Por essa razão, é bastante comum a adjudicação de propostas que incluem a emissão de DCR e de CE, pois a redução do

tempo útil necessário para a certificação beneficia tanto a EScO como o cliente - a primeira reduz a mão-de-obra gasta na prestação do serviço e o segundo vê reduzido o custo da sua certificação. A emissão do certificado com validade legal marca a transição do estatuto do edifício de novo para existente.

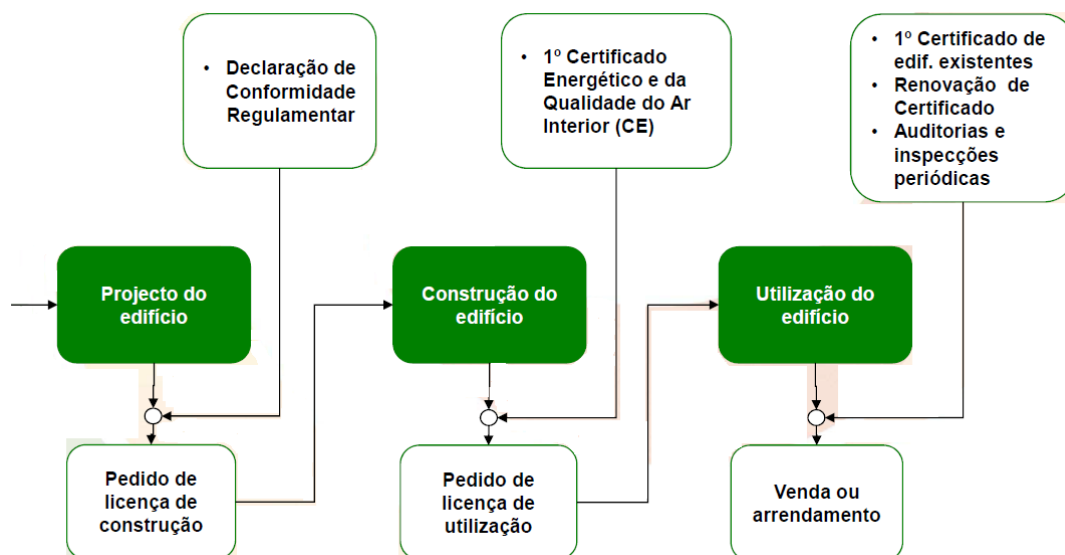


Figura 3.3 - Etapas de certificação [44].

No caso de edifícios existentes, as EScO podem fornecer serviços de **certificação energética, manutenção, auditoria QAI e energéticas, plano de ações corretivas da qualidade do ar interior (PAC QAI) e plano de racionalização da energia (PRE)**.

A **certificação energética** em existentes é, até à data, o método de certificação mais comum, já que, a partir de 2009, toda a transação comercial tem que possuir um certificado energético transcendente ao perfil de utilização do imóvel. O serviço prestado tem como função classificar energeticamente o imóvel, de modo a permitir a sua comercialização, quer seja por venda ou arrendamento. A auditoria energética necessária para a simulação real é muitas vezes elaborada por empresas subcontratadas pela empresa adjudicatária, devido ao facto de, muitas vezes, ser necessário a medição do consumo instantâneo de equipamentos e de registos semanais/mensais do consumo, por forma a identificar padrões de utilização, o que requer equipamento especializado.

A **manutenção** é um serviço fundamental e indispensável que é, muitas vezes, subvalorizado, ou mesmo ignorado. Geralmente as intervenções são prestadas no âmbito de um plano de manutenção preventiva (PMP), que se insere também no âmbito do SCE, e têm como principal alvo os sistemas AVAC. De acordo com Mário Carvalho da *Tecniclima*, “*um bom sistema sem manutenção torna-se rapidamente num mau sistema (falta de fiabilidade, falta de higiene, falta de rendimento)*” [57]. Esta frase resume de uma forma intrínseca a importância da manutenção nos SCE, e entre parêntesis encontram-se os diferentes

problemas que podem afetar o consumo energético, o QAI e/ou a eficiência energética, e cada uma delas, por si só, pode ser razão suficiente para reprovar energeticamente um edifício. Este tipo de serviços é geralmente prestado de uma forma periódica, por forma a garantir a continuidade da qualidade das instalações AVAC, mas podem também ser executadas intervenções com carácter imediato.

As **auditorias** são uma das maiores responsáveis pela realização de subcontratos entre as próprias ESCo. Quer isto dizer que é comum uma empresa certificadora subcontratar outra empresa que lhe preste serviços de auditoria, seja energética ou de QAI. Esta realidade deve-se ao facto da qualidade dos resultados de uma auditoria depender bastante do equipamento que lhe é aplicado, seja de medidores de partículas poluentes ou de equipamento de registo do consumo energético, que no caso de ESCo certificadoras pode ser escasso, principalmente no caso de ser adjudicado mais que um processo em simultâneo. As auditorias energéticas permitem identificar oportunidades de diminuição do consumo, através da caracterização das horas de funcionamento de cada equipamento e da respetiva eficiência energética. Este tipo de serviços é bastante interessante porque permite validar a viabilidade de medidas de melhoria que, no âmbito do SCE, se podem tornar vantajosas para o cliente, tanto por melhorar a sua classificação energética como por permitir a redução dos seus encargos energéticos.

O **PAC QAI** e o **PRE** estão intimamente ligadas a auditorias, já que a sua finalidade é propor melhorias na área da QAI e do consumo energético, respetivamente. A diferença entre estes planos e as auditorias consiste no seu carácter obrigatório da melhoria da performance do edifício, já que estes planos só são criados caso este reprove no RSECE QAI ou RSECE Energia, respetivamente, temas abordados no capítulo 2.

A lista aqui inserida engloba todos os serviços fornecidos pela ESCo atuais que o SCE criou, no entanto também se pode verificar, de uma forma tímida, outro tipo de prestação de serviços, como a venda e instalação de aproveitamentos de energias renováveis, ou equipamentos de apelo à eficiência energética semelhantes.

3.3 - Melhorias no consumo energético

Esta secção tem como objetivo a quantificação das alterações que o SCE proporciona. Se, até agora, a análise do SCE incidia maioritariamente em fundamentos teóricos, legislação e processos burocráticos, a abordagem agora passará a incidir na quantificação de poupanças energéticas, custos e na sua aplicação prática, sem nunca descuidar a devida fundamentação teórica, que vai ter como base os fundamentos apresentados nas secções 2.4.2 e 1.3.

3.3.1. Áreas de atuação

A análise à performance dos edifícios trouxe novas tendências e novos comportamentos em diferentes áreas, nomeadamente na iluminação, envolvente, equipamento AVAC, produção de AQS e utilização de energias renováveis. Sendo que a energia primária em edifícios contabiliza cerca de 40% do consumo total na União Europeia [55], a criação de normas a nível europeu que reduzam este consumo, ou pelo menos que diminuam a sua velocidade de crescimento, permitirão grandes ganhos energéticos. Em Portugal, esse valor situou-se nos 27% em 2010 [v. Figura 2.16]. Atualmente, a distribuição de consumos domésticos é bastante diferente do resto da média europeia, como se pode verificar na Figura 3.4. A discrepância entre valores deve-se maioritariamente ao facto de não ser tão comum a utilização de equipamento AVAC como nos outros países devido ao nosso clima ameno. A iluminação também é digna de outra nota, pois possuímos uma posição no globo que é privilegiada em termos de incidência solar, o que pode contribuir para diminuir a utilização de iluminação artificial.

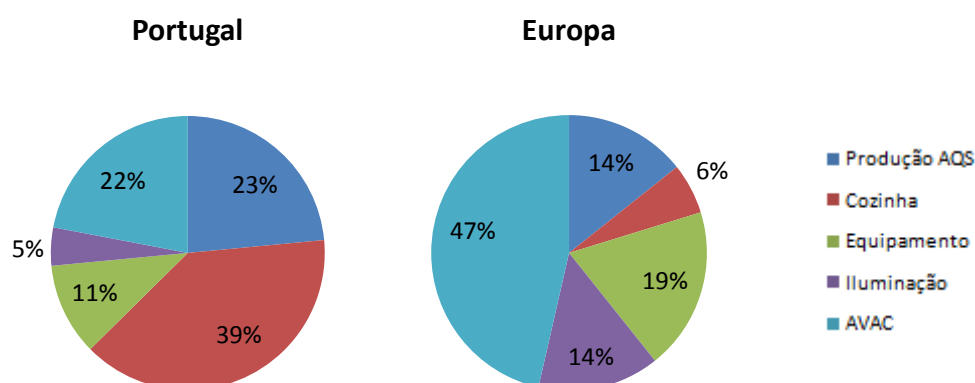


Figura 3.4 - Distribuição dos consumos residenciais em Portugal e na Europa, em 2010. [33] [55]

Já no caso de edifícios de serviços, não foi possível obter dados concretos sobre a segmentação de gastos energéticos em Portugal, pelo que para o estudo iremos considerar que equivale à média europeia, representada na Figura 3.5. Como podemos ver, a iluminação e o AVAC são responsáveis por 71% do consumo dos edifícios de serviços.

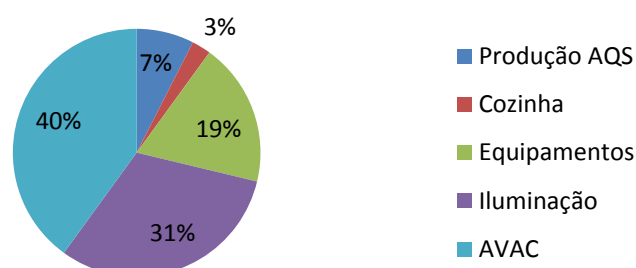


Figura 3.5 - Distribuição dos consumos em edifícios de serviços na Europa. [55]

Para confirmar a adaptação dos dados referidos em relação à realidade nacional, foi elaborada uma análise ao historial de auditorias energéticas realizadas pela empresa. Foram utilizados dados de 4 edifícios de serviços, e o peso da iluminação com AVAC representou sensivelmente em média $\frac{3}{4}$ do consumo total. Na figura seguinte está a segmentação obtida dos consumos considerados, em que as cozinhas estão inseridas no equipamento. De salientar a necessidade de uniformizar o conceito de consumo em edifícios de serviços porque a distribuição varia bastante com o tipo de utilização. Por exemplo, o peso de Iluminação e AVAC num centro comercial pode ser superior a 90%, enquanto num edifício administrativo pode não passar dos 60%. Com esta simplificação pretende-se obter um modo de generalizar a distribuição dos 11% afetos aos edifícios de serviço.

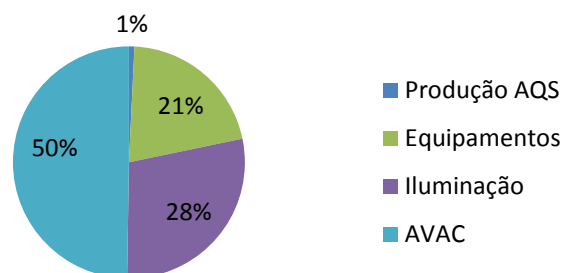


Figura 3.6 - Média dos consumos analisados em diferentes auditorias energéticas.

No caso português, verificou-se que o AVAC nos edifícios de serviços é maioritariamente constituído por arrefecimento, especialmente no caso de superfícies comerciais, graças à sua grande densidade de ocupação.

As diferentes áreas de consumo energético aqui demonstradas representam todas as áreas da energia quantificada aquando a emissão de um certificado, pelo que passaremos agora a uma análise detalhada a essas áreas e às oportunidades de melhoria, que podem levar a uma subida no patamar classificativo.

3.3.1.1. Iluminação

O valor energético da iluminação não está diretamente discriminado na legislação, como acontece em outros países [58]. Apesar disso, é uma das principais áreas em que são efetuadas melhorias no RSECE. Já no RCCTE, a realidade é diferente já que o regulamento contém ganhos térmicos por tipologia que são independentes do equipamento que se encontra no interior do edifício (Quadro IV.3).

O método de cálculo da classificação do RCCTE (Capítulo 3.1.1) só considera o material eletrónico através da sua contribuição térmica. Assim, ao diminuirmos a potência instalada de iluminação, a sua melhoria na classificação será praticamente nula, o que já não se verifica no RSECE onde a situação é mais adequada: o consumo global insere-se no valor de Q_{out} e a sua contribuição para a classificação final é equilibrada com o resto dos fatores (Capítulo 3.1.2); a sua componente térmica também irá influenciar o consumo de AVAC, já

que são fontes de calor. Mas, ao contrário do que sucede em edifícios residenciais, a iluminação em edifícios de serviços pode existir em quantidades anormais, o que a torna numa fonte de calor considerável. Portanto, no momento de estudo de alterações deste tipo no âmbito do SCE, a sua redução irá contribuir para a redução da energia de arrefecimento. No entanto é possível também que aumentemos o consumo inerente ao aquecimento, pois diminuimos as fontes de calor internas.

Assim sendo, a classificação energética neste campo é melhorada maioritariamente através do consumo adstrito a este setor (Q_{out}). Admitindo que a iluminação provém unicamente da eletricidade, a redução no valor do IEE por cada kWh poderá ser aproximada pela fórmula:

$$IEE_{após\ melhoria} = IEE_{antes\ melhoria} - 0,290 \times \frac{Q_{poupado}}{A_t} \quad (3.12)$$

Em que $Q_{poupado}$ é a energia que se poupa em alterações à iluminação, em kWh, e A_t a área total de pavimento do imóvel. Com uma pequena alteração, esta fórmula também nos permite estimar o valor a reduzir para a subida da classificação desejada. Sendo $IEE_{reduzir}$ a diferença entre o valor nominal de IEE e o de referência para a classificação desejada:

$$Q_{poupado} = IEE_{reduzir} \times \frac{A_t}{0,29} \quad (3.13)$$

Na fase de projeto, a escolha de luminárias mais eficientes é uma prática comum e conduz a que novos edifícios já possuam luminárias atuais, tais como fluorescentes tubulares T5. A escolha de iluminação eficiente em projeto trará diminuições de consumo, tanto na simulação como no consumo real, o que implica melhorias classificativas, energéticas e económicas. Observando a Tabela 3.7, podemos verificar que a escolha mais acertada são as fluorescentes, sendo a pior escolha os LED, que ainda se encontram longe do seu potencial máximo tecnológico, e a sua utilização atual é apenas por questões meramente decorativas. As lâmpadas fluorescentes são geralmente a melhor escolha para iluminação, que aliam uma boa eficiência a um preço interessante. As luminárias de iodetos metálicos e de vapor de sódio são predominantes na iluminação exterior, onde geralmente são necessárias luminárias de elevada potência, sendo o seu rendimento proporcional à potência da lâmpada: quanto maior a potência em causa, maior o rendimento. Por estas razões, não se justifica a sua utilização em ambiente interior. [60] Por causa das suas grandes potências, é necessário muito cuidado no seu dimensionamento e utilização, já que a sua má exploração representará um desperdício por lâmpada muito maior.

Tabela 3.7 - Comparação de características de diferentes tipos de lâmpadas [59] [60]

Tipo	Potência	Lúmen	η (Lúmen/W)	Horas Vida	Preço (€)
Incandescente	60	700	11,6	1.000	2
Halogéneo	40	900	22,5	2.000	4
LED	6,5	300	46,1	50.000	30
Fluorescente Compacta	11	900	81,81	10.000	4,1
Fluorescente Tubular T8	58	5000	86,2	24.000	7,2
Fl. Tubular T5 HE	35	3300	94,2	25.000	9,1
Iodetos Metálicos	250	25500	102,0	20.000	61,7
Vapor Sódio	250	27000	108,0	20.000	34,6
Vapor Sódio Alta Pressão	400	56500	141,5	20.000	47,1

É bastante comum a substituição das luminárias como forma de otimização do consumo e, por conseguinte, da eficiência energética do edifício. Na Tabela 3.8, apresentam-se alguns *upgrades* a iluminações que são recorrentes na prática de propostas de melhoria para a eficiência, onde as poupanças são consideráveis, visto que se mantém aproximadamente a mesma densidade de iluminação, e em caso de ainda estarem em fase de projeto. Se no caso de um edifício existente a sua viabilidade terá que ser devidamente demonstrada e estudada, já num edifício em fase de projeto é inquestionável que a opção por equipamento mais eficiente irá beneficiar de imediato tanto a classificação do edifício como os gastos com a sua exploração.

Tabela 3.8 - Algumas melhorias que demonstram a importância da iluminação.

Lâmpada convencional a substituir	Lâmpada de baixo consumo	Aumento da vida útil	Poupança (*)
Incandescente 60W	Fl. Compacta 11W	1.000 para 8.000	392 kWh - 50,96 €
Halogéneo 40W	Fl. Compacta 18W	2.000 para 10.000	220 kWh - 28,60 €
T8 de 58W c/ Balastro Convencional	T5 de 35 W c/ Balastro Eletrónico	10.000 para 20.000	541 kWh - 70,33 €

(*) Custo da energia considerado - 0,13 €/kWh

Em relação às melhorias em edifícios existentes, existem grandes indefinições que dão espaço para várias interpretações na legislação atual, em relação à quantificação do perfil de exploração das luminárias em questão, senão vejamos: com os atuais perfis pré-definidos (mostrados na Figura 3.2), existe uma indefinição em relação aos aproveitamentos da iluminação natural, seja através de envolvente transparente ou através de dispositivos de

domótica, como detetores de presença ou de luminosidade. Isto significa que, ao instalarmos este tipo de equipamento, o benefício na classificação é contestável, já que esta incerteza abre espaço para interpretações pessoais, podendo ser possível para dois Peritos, à luz das suas opiniões individuais, o mesmo equipamento possuir 10 ou 20% de rendimento.

Esta questão é abordada no ponto D.6 das Perguntas & Respostas do RSECE - Energia, em que refere que soluções de otimização de iluminação devem ser contabilizados no cálculo dos consumos globais no âmbito do IEE nominal, *“mas como não é possível alterar o perfil de utilização diária [...], a solução passa por recorrer à variação horária da potência de iluminação, isto se o programa de simulação assim o permitir. Se tal não for possível, deve-se calcular um valor médio ponderado para a potência de iluminação, contabilizando a contribuição do controlo ao longo do ano”*.

A mesma situação acontece com dispositivos que maximizem a utilização da iluminação natural, pois insere-se na mesma área neutra legislativa do RSECE. A Figura 3.7 mostra o princípio de funcionamento de um dispositivo de distribuição de luz solar - quando bem dimensionado, é possível obter iluminação interior suficiente para não ser necessário o recurso a iluminação artificial. Esta solução permite, por si só, proporcionar assim uma redução de mais de 50% do consumo anual relacionado com a iluminação, imaginando, por exemplo, o caso de uma superfície comercial, que opera maioritariamente durante as horas de luz solar. Combinando a otimização da iluminação artificial com este tipo de dispositivo, obter-se-á elevadíssimas reduções de consumo anual e, por conseguinte, melhorias significativa na classificação energética em edifícios abrangidos pelo RSECE.

Uma referência para a sua instalação em diferentes fases: se ainda em projeto, permite uma eficiência energética e um retorno muito maior que num existente, já que ainda permite a redução do investimento em iluminação artificial. No caso de existentes, aplica-se a situação de incongruência referida acima, pois os perfis de utilização nominal utilizados para a obtenção da classificação do edifício não sofrerão alterações. Assim, as luminárias, que deixam de ser necessárias operar durante o dia, terão que sofrer um ajuste que não está quantificado na legislação, o que permite diferentes interpretações e consequentes variações de eficiências e consumos.

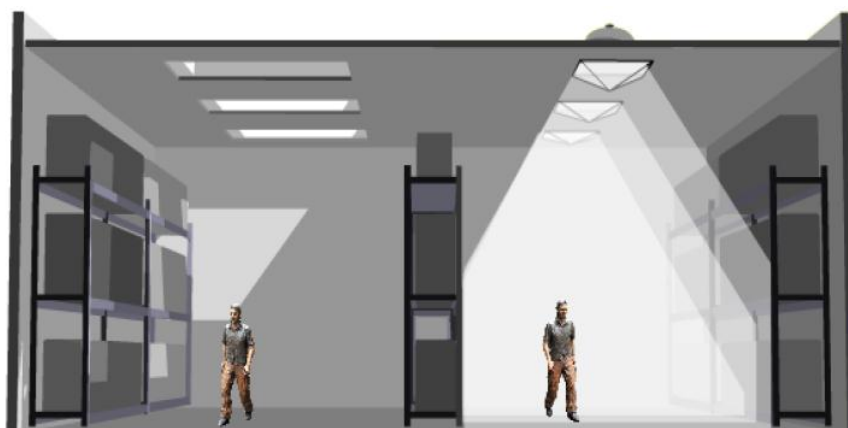


Figura 3.7 - Área sem e com dispositivo de distribuição de iluminação natural [61]

Ainda na área da otimização da iluminação, qualquer que seja o tipo e âmbito da melhoria da iluminação, é indispensável que esta não se torne insuficiente ou inadequada para o tipo de utilização do edifício, e para isso várias companhias de iluminação criaram tabelas com valores de referência por cada espaço em lux (o mesmo que lúmen/m^2), que podem-se revelar bastante úteis tanto para aplicações de melhorias, como para a fase de projeto de um edifício.

Tabela 3.9 - Iluminações padrão por tipo de atividade. [62]

<i>Atividade</i>	<i>Lux</i>
Áreas de trabalho com poucas tarefas visuais	100-150
Trabalho de escritório leve, aulas	250
Trabalho de escritório, PC, biblioteca, salas de espetáculo	500
Supermercado, Oficinas mecânicas	750
Controlo de qualidade, Desenho	1000-2000

A ADENE formulou uma apresentação com vários exemplos de aplicação de melhorias de iluminação e seus retornos anuais [61], que são agora apresentadas na Tabela 3.10. É um ótimo modo de verificar que a otimização da iluminação poderá trazer grandes benefícios, tanto que se verifica a sua aplicação em variadíssimos projetos de grande dimensão por toda a Europa.

Tabela 3.10 - Medidas de melhoria de iluminação e respetivos *paybacks*. [61]

Edifício	Medida	Economia	Payback (anos)
C.C. Colombo	Substituição de balastros convencionais por eletrónicos	400.838 kWh 23.814 €	N. E.
Sede do Santander Totta	Substituição em projeto das luminárias T8 por T5	15.000 €	Imediato
Statoil Research Center	Controlo de ocupação através de sensores	219.000 kWh 13.375 €	2,5
Sede Gás Natural em Barcelona	Troca de Incandescentes por Tubulares, atualização dos balastros e instalação de interruptores localizados	533.028 kWh 27.230 €	3,5
Sassari, Itália	Instalação de um sistema centralizado de regulação	2.412.620 kWh 224.374 €	2,3
Adelaide Dental Hospital	Sistema de controlo com sensores, e instalação de lâmpadas de 40W com comando normal	47 840 kWh	3,4

N.E. - Não Estimado

3.3.1.2. Transmissão térmica da Envolvente

A envolvente (constituída por paredes e envidraçados) é uma componente fundamental no sistema de certificação energética pois irá influenciar bastante o peso da componente térmica do sistema e, por isso, a sua qualidade poderá beneficiar ou prejudicar em grande escala a classificação de um imóvel no RCCTE ou no RSECE (que usam o mesmo método de cálculo). Esse peso na classificação é quantificado através do coeficiente de transmissão térmica U do material em questão, que influencia as perdas de calor no período de aquecimento e arrefecimento, por condução através da envolvente dos edifícios. No caso do período de aquecimento, podem ser mensuradas a partir da seguinte fórmula, em kWh:

$$Q_t = Q_{ext} + Q_{ina} + Q_{pe} + Q_{pt} \quad (3.14)$$

sendo:

- Q_{ext} - perdas de calor pelas zonas correntes das paredes, envidraçados, coberturas e pavimentos em contacto com o exterior;
- Q_{ina} - perdas de calor da envolvente em contacto com locais não aquecidos;
- Q_{pe} - perdas de calor pelos pavimentos e paredes em contacto com o solo;

- Q_{pt} - perdas de calor pelas pontes térmicas lineares existentes no edifício.

Que, substituindo pelas variáveis de cada uma, obtemos a seguinte expressão, em kWh:

$$Q_t = 0,024 \times GD \times (U.A + U.A.\tau + L_{pe} + L_{pt}) \quad (3.15)$$

onde:

- U - Coeficiente de transmissão térmica do material em questão;
- GD - número de graus-dias para aquecimento para o concelho em questão, disponível no anexo III do RCCTE;
- A - área do elemento da envolvente medida pelo interior, em m^2 ;
- L_{pe} - perdas de calor unitárias através dos elementos de construção em contacto com o solo, em $W/^\circ C$;
- L_{pt} - perdas de calor unitárias através das pontes térmicas, em $W/^\circ C$.

No período de arrefecimento, a sua influência pode ser quantificada através da fórmula dos ganhos através da envolvente, em kWh:

$$Q_1 = 2,928.U.A.(\theta_m - \theta_i) + U.A.\left(\frac{\alpha I_r}{h_e}\right) = 2,928.U.A.\left[(\theta_m - \theta_i) + \left(\frac{\alpha I_r}{h_e}\right)\right] \quad (3.16)$$

onde as duas parcelas representam, respetivamente, ganhos através da temperatura do ar exterior e da radiação solar incidente. As variáveis que a compõem, além das já referidas acima, são:

- θ_m - temperatura média do ar exterior da zona climática do edifício (quadro III.9);
- θ_i - temperatura do ambiente interior, em $^\circ C$;
- α - coeficiente de absorção da superfície exterior da parede (quadro V.5);
- I_r - intensidade média de radiação total incidente em cada orientação (quadro III.9);
- h_e - condutância térmica superficial exterior, que toma o valor de $25 W/m_2.^\circ C$.

Admitindo que pretendemos minimizar ambas as cargas, à primeira vista poderíamos concluir que diminuir o U é sempre uma situação benéfica, pois estamos a diminuir o valor total das necessidades energéticas. No entanto, após uma análise mais aprofundada, verifica-se que essa relação não é assim tão linear.

Tabela 3.11 - Valores médios da temperatura do ar exterior e da intensidade da radiação solar. [38]

Zona	θ_m	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Horiz.
V ₁ N	19	200	300	420	430	380	430	420	300	730
V ₁ S	21	200	310	420	430	380	440	430	320	760
V ₂ N	19	200	320	450	470	420	470	450	320	790
V ₂ S	23	200	340	470	460	380	460	470	340	820
V ₃ N	22	200	320	450	460	400	460	450	320	800
V ₃ S	23	210	330	460	460	400	470	460	330	820

À luz dos valores da Tabela 3.11, analisemos o comportamento da equação (3.16): a parcela da radiação solar incidente será sempre positiva e quanto mais virada para sul for a orientação da parede em questão maior será esse valor; já os ganhos através da temperatura do ar exterior vão ser negativos devido ao valor de temperatura média, ou seja, o aumento do U poderá contribuir para uma diminuição das necessidades de arrefecimento. Isto justifica-se porque, mesmo nos meses de maior calor, existem períodos em que a transferência de calor permitirá o arrefecimento do edifício, principalmente nos períodos noturnos. A influência da troca de temperaturas da envolvente será maior quanto menor for a temperatura média da zona em questão, ou seja, as zonas climáticas V₁N, V₂N (19 °C) e V₁S (21 °C) serão zonas que há que ter sempre em maior consideração esse fator.

De modo a efetuar uma simulação desse valor, admite-se que $U.A=1$ [equação 3.16], e para diferentes coeficientes de absorção construíram-se as seguintes tabelas. Os valores obtidos passam a ser o fator de multiplicação da área e U de cada envolvente do edifício.

A conclusão a retirar desta análise ao valor de Q_t é que elevados U.A (grandes paredes, grandes U ou ambos) podem ser benéficos para as necessidades energéticas de arrefecimento, já que estamos a tirar partido das perdas da envolvente, que permitem mais facilmente libertar o calor que se encontra no interior. Assim, a elevada qualidade de construção poderá não nos trazer grandes benefícios em termos de necessidades de arrefecimento, principalmente nas 3 primeiras linhas da tabela, ao contrário do que inicialmente se poderia pensar.

Tabela 3.12 - Teste aos valores da envolvente, para $\alpha=0,4$.

Zona	θ	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Horiz.
V ₁ N	19	-14,4	-12,8	-10,8	-10,7	-11,5	-10,7	-10,8	-12,8	-5,9
V ₁ S	21	-8,5	-6,8	-5,0	-4,8	-5,6	-4,7	-4,8	-6,6	0,4
V ₂ N	19	-14,4	-12,4	-10,4	-10,0	-10,8	-10,0	-10,4	-12,4	-4,9
V ₂ S	23	-2,7	-0,4	1,7	1,5	0,2	1,5	1,7	-0,4	7,3
V ₃ N	22	-5,6	-3,7	-1,6	-1,4	-2,4	-1,4	-1,6	-3,7	4,0
V ₃ S	23	-2,5	-0,6	1,5	1,5	0,5	1,7	1,5	-0,6	7,3

Tabela 3.13 - Teste aos valores da envolvente, para $\alpha=0,8$.

Zona	θ	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Horiz.
V ₁ N	19	-11,1	-7,9	-4,1	-3,8	-5,4	-3,8	-4,1	-7,9	5,7
V ₁ S	21	-5,3	-1,7	1,7	2,0	0,4	2,3	2,0	-1,4	12,6
V ₂ N	19	-11,1	-7,3	-3,1	-2,5	-4,1	-2,5	-3,1	-7,3	7,7
V ₂ S	23	0,5	5,0	9,1	8,8	6,3	8,8	9,1	5,0	20,3
V ₃ N	22	-2,3	1,4	5,6	5,9	4,0	5,9	5,6	1,4	16,8
V ₃ S	23	0,8	4,7	8,8	8,8	6,9	9,1	8,8	4,7	20,3

Existe ainda uma questão adicional à alteração de envolventes, que é a possibilidade de alteração do fator de utilização dos ganhos η , presente nas equações (3.2) e (3.5). O aumento deste fator permitirá uma diminuição considerável das necessidades energéticas na climatização, pois permite uma melhor utilização da inércia térmica do edifício. Esse valor pode ser aumentado ou diminuído com a inércia térmica do edifício, que pode ser fraca, média ou forte. Analisando o modo de cálculo apresentado no ponto 2.2 do anexo VII do RCCTE, esse valor pode variar de 64 a 80%, pelo que é muito importante optar por inércias térmicas mais altas quanto possíveis.

Em relação ao valor final do peso da envolvente (Q_t+Q_1) nas necessidades energéticas, podem-se retirar algumas conclusões:

1. O coeficiente de transmissão térmica terá maior peso no aquecimento que no arrefecimento. Utilizando os valores menos e mais favoráveis, o valor a multiplicar por cada U.A de parede exterior será maior para aquecimento que para arrefecimento e a diferença ainda aumenta se considerarmos que as perdas térmicas de aquecimento ainda envolvem paredes em contacto com espaços não úteis e perdas térmicas lineares;
2. Em edifícios com grandes fontes de aquecimento interno, onde o objetivo é dissipar o calor, como é o caso de alguns edifícios de serviços (superfícies comerciais ou indústria), serão prejudicados pela utilização de elevados coeficientes de transmissão térmica, pois pioram a sua performance energética, o que levará ao aumento do consumo em climatização;
3. A melhoria da envolvente em muitos casos pode não ser viável, pois consoante a zona climática, pode-se estar a reduzir o consumo e ao mesmo tempo a aumentá-lo em cada componente, obtendo assim poucos ganhos energéticos. No entanto, existem casos em que é possível afirmar que a sua melhoria trará sempre benefícios em termos de envolvente, que são todos os casos que possuam valores não negativos da Tabela 3.12 e Tabela 3.13;
4. O coeficiente de absorção deve-se manter o mais baixo possível, ou seja, adotar-se cores claras na envolvente exterior. O aumento do coeficiente de absorção aumenta

consideravelmente a energia solar que aquece o edifício, resultando em maior necessidade de climatização, como se pode constatar no aumento dos valores de uma tabela para a outra.

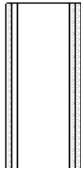
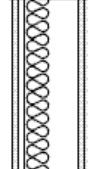
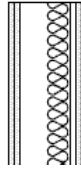
Concluindo, não é possível abordar a área de melhorias na envolvente de um modo linear. Enquanto que é simples determinar a poupança numa melhoria energética da iluminação, já nesta área é preciso muito cuidado na análise, pois pode até acontecer não ser possível obter nenhuma melhoria prática efetiva. Pela especificidade de cada caso, não é possível obter uma aproximação generalizada para as melhorias nesta área, já que dois edifícios iguais na mesma zona, mas com um tipo de aplicação diferente, poderão diferir em muito nas conclusões finais.

Medidas de Melhoria

Uma das medidas mais vulgarmente utilizadas que visam a melhoria desta área é a colocação de isolamento em toda a envolvente, que hoje é de prática regular nos edifícios novos. No caso do parque edificado datado antes da década de 90 (antes da emissão do primeiro RCCTE), uma grande percentagem possui insuficiências a nível de envolvente, pelo que a importância de lhes aplicar melhorias pode ser fulcral.

Seguindo um manual de estudos realizados a título de exemplo pelo Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção (ITeCons), vamos começar a analisar a aplicação de isolamento uma parede de betão simples, onde os valores obtidos estão colocados na Tabela 3.14. Como se pode concluir, a aplicação de isolante pelo exterior permite uma performance térmica muito superior, diminuindo para 10% o valor inicial do coeficiente de transmissão térmica U , e aumentando a inércia térmica, apesar de para efeitos de cálculo esse valor será sujeito a um limite imposto pelo RCCTE [63].

Tabela 3.14 - Exemplo de benefício da aplicação de isolante. [63]

Tipo de Parede	  		
	Parede de betão simples	Parede com isolante de 6 cm pelo exterior	Parede com isolante de 6 cm pelo interior
U (W/m ² .°C)	5,63	0,56	0,56
Inércia Térmica - Msi (kg/m ²)	150	150(*)	25

Com estes valores, pretende-se dar um exemplo da melhoria que permite a boa escolha de material envolvente, já que é possível adaptar o edifício ao tipo de utilização. De salientar um facto muito importante: esta análise serve não só para modificações em existentes, mas também para efeitos de limites mínimos de qualidade exigidos pelo RCCTE em edifícios novos. Mesmo que seja vantajoso o uso de valores elevados de U , é sempre importante ter em conta que existem valores mínimos regulamentares para cada tipo de parede.

Em termos de envolvente a edifícios existentes, a ADENE publicou um livro em parceria com a FEUP, onde apresenta várias medidas de melhoria de desempenho energético e da qualidade do ar interior, que serve como um ótimo guia para a generalização da aplicação de melhorias.

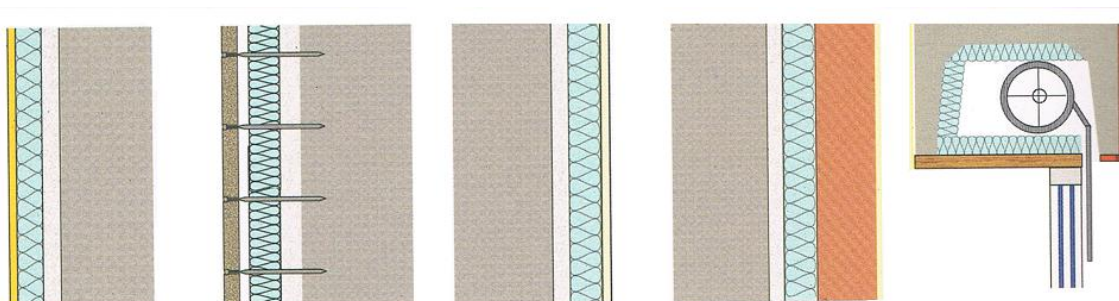


Figura 3.8 - Tipo de isolamento aplicado a paredes exteriores. [64]

Tabela 3.15 - Descrição dos tipos de isolamento ilustrados na Figura 3.8. [64]

Solução 1	Aplicação de isolamento térmico pelo exterior com revestimento contínuo sobre o isolante
Solução 2	Aplicação de isolamento térmico pelo exterior com revestimento independente e espaço de ar ventilado (fachada ventilada)
Solução 3	Aplicação de isolamento térmico pelo interior com revestimento leve (gesso cartonado, madeira, etc.)
Solução 4	Aplicação de isolamento térmico pelo interior associado a uma forra pesada (alvenaria de tijolo, elemento prefabricado de betão, etc.)
Solução 5	Colocação de isolamento térmico na caixa de estore

Como se pode ver, de modo a aumentar o isolamento térmico do edifício existem várias soluções a que se pode recorrer. De notar:

- As com melhor performance são a solução 1 e 2, que, além de diminuir o coeficiente de transmissão térmica, permitem aumentar a inércia térmica do edifício, ao mesmo tempo que reduzem significativamente a existência de pontes térmicas. O problema destes tipos de soluções é o conflito com a expressão arquitetónica do edifício, que

tanto pode ser por questões estéticas ou físicas, como a existência de fachadas, remates, elementos salientes;

- A solução 3 é a que oferece pior performance, visto que anula a contribuição da massa das paredes exteriores na inércia térmica do edifício, diminui a área útil interior, não contribui para a diminuição das pontes térmicas e pode também entrar em conflito com o desenho interior de edifícios (rodapés, rodapés, etc.). Oferece como vantagens a conservação arquitetónica da fachada e a possibilidade de integrar tubagens e redes;
- As desvantagens da solução 4 são as mesmas que a solução 3, no entanto a colocação de massa de forra pesada permite uma contribuição para a inércia térmica do edifício, pelo que será sempre uma melhor escolha. De salientar que a introdução da forra pesada implica uma avaliação estrutural do edifício.
- A solução 5 pode ser combinada com as duas anteriores, já que a colocação de isolamento pelo interior não permite atenuação das pontes térmicas. Esta medida não afetará o U da parede, pois apenas vai atuar sobre o valor das pontes térmicas, que está presente na equação das necessidades de aquecimento.

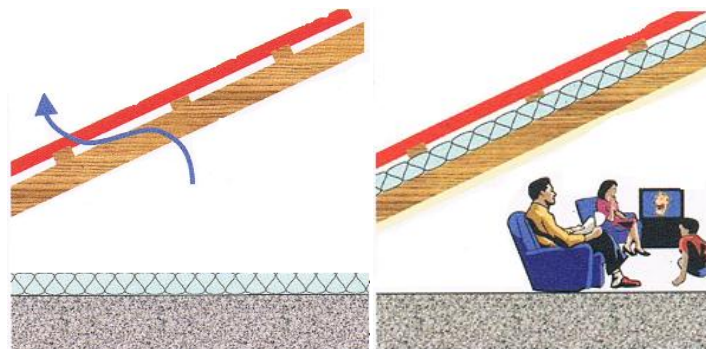


Figura 3.9 - Tipos de isolantes térmicos aplicados a coberturas. [64]

Tabela 3.16 - Descrição das soluções ilustradas na Figura 3.9. [64]

Solução 1	Aplicação de isolante térmico sobre a laje de esteira (teto) em desvão não ocupado
Solução 2	Aplicação de isolante térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente em desvão ocupado

Esta aplicação é, na generalidade dos casos, a alteração à envolvente que mais melhorias poderá trazer, pois detém sempre uma grande área e, visto ser uma superfície horizontal, possui maior radiação solar incidente, logo transmite maior energia calorífica para o interior. As aplicações mais comuns são as que estão descritas atrás, é de referir que:

- A solução 1 além de permitir grande redução do U, otimiza a inércia térmica e é uma medida bastante económica e fácil de executar, logo é bastante provável que a sua

aplicação seja viável. Para maior performance, deve ser assegurada uma forte ventilação do desvão por forma a diminuir o calor acumulado nele. Esta aplicação não permite uma grande utilização do espaço, já que uma utilização descuidada pode danificar o isolamento térmico;

- Deve-se optar pela solução 2 em casos de o desvão ser um espaço útil ao edifício, já que esta medida não contribui para a inércia térmica do edifício. A diminuição do coeficiente de transmissão térmica é menor também, mas possui a vantagem de possuir o isolamento térmico protegido.



Figura 3.10 - Ilustração de soluções de isolamento térmicos em pavimentos. [64]

Tabela 3.17 - Descrição das soluções ilustradas na figura acima. [64]

Solução 1	Aplicação de isolamento térmico sobre a laje de pavimento
Solução 2	Aplicação de isolamento térmico sob a laje de pavimento
Solução 3	Aplicação de isolamento térmico na camada intermédia de pavimento em madeira

As alterações aos pavimentos não são de todo comuns no universo das melhorias a edifícios existentes, devido à complexidade da colocação do isolamento. Por essa razão, a aplicação destas medidas só é considerada caso os pavimentos estejam em contacto com o exterior ou com superfícies não úteis. Individualizando:

- A solução 1 e 3 são colocadas pelo interior do suporte do edifício, pelo que irão diminuir a inércia térmica do edifício. A sua aplicação é bastante complexa, no entanto existe a garantia da proteção do isolamento e conservação de toda a estrutura do edifício, seja interior ou exterior;
- A solução 2 é de todo a mais indicada, por várias razões: geralmente estas áreas não se encontram ao alcance dos seus ocupantes, pelo que estão resguardadas de ações mais incautas que possam danificar o material; a sua aplicação é bastante mais fácil; o revestimento exterior do isolamento assegura o aspeto decorativo; a inércia térmica do edifício aumentará. Como desvantagens tem apenas a possibilidade de existir um conflito com a estrutura arquitetónica do edifício, não só em termos de design global mas também porque a área poderá ter remates ou elementos salientes que dificultem a aplicação da camada isolante.

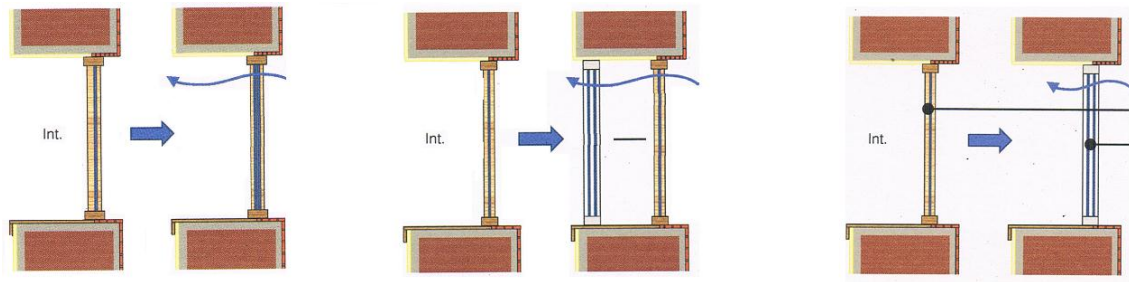


Figura 3.11 - Ilustração de soluções de isolamento térmico para os envidraçados. [64]

Tabela 3.18 - Descrição das soluções ilustradas na figura anterior. [64]

Solução 1	Conservação da caixilharia existente substituindo o vidro simples por vidro duplo
Solução 2	Introdução de uma segunda caixilharia interior
Solução 3	Substituição da caixilharia existente por uma nova caixilharia

Os envidraçados são responsáveis por grande parte das perdas de aquecimento do edifício, pelo que em edifícios com elevadas necessidades de aquecimento é de verificar a viabilidade da atuação nestes componentes. Acima vemos as soluções mais simples e eficazes, que serão individualizadas:

- A solução 1 é a mais económica mas não permite grandes reduções de U, visto que não garante a melhor resistência à permeabilidade do ar. A colocação de um painel de vidro duplo é uma tarefa bastante complexa, além de pode ser possível a existência de problemas de compatibilidade geométrica com a nova espessura do vidro duplo. Como vantagem, esta medida garante a conservação do aspeto arquitetónico da fachada.
- A solução 2 é uma melhor opção que a primeira, pois permite uma melhor seleção da nova caixilharia que permita corresponder às exigências de desempenho atuais, conservando a fachada do edifício. As suas desvantagens podem ser certos constrangimentos arquitetónicos, que podem levar a problemas de abertura ou de limpeza das janelas;
- A solução 3 oferece grande isolamento por permitir a escolha da caixilharia e do material em si que maximizem o desempenho energético do edifício. As desvantagens são que pode levar à alteração arquitetónica do edifício, e também será a solução mais dispendiosa das três abordadas.

Por forma a melhor analisar as melhorias que podemos obter nos envidraçados, podemos analisar outra tabela também criada pelo ITeCons, que tem como finalidade demonstrar a variação do coeficiente de transmissão térmica de acordo com o tipo de material utilizado.

Tabela 3.19 - Valores típicos de U para diferentes tipos de envidraçados. [63]

Coeficiente de Transmissão Térmica dos Caixilhos, U _f (W/m ² . °C)				
Madeira	PVC	Alumínio sem corte térmico	Alumínio com corte térmico	
≤2,0	≤2,0	4,0 a 7,0	2,2 a 3,8	
Coeficiente de Transmissão Térmica de Vidros, U _g (W/m ² . °C)				
Simplex	3,6 a 5,9			
Preenchimento	Ar	Árgon	Krípton	Xénon
Duplo	3,3	3,0	2,8	2,6
Triplo	1,6	1,2	0,9	0,7

Como se pode constatar pela tabela anterior, a escolha do material e a configuração a utilizar em cada janela irá influenciar determinantemente o valor das necessidades térmicas totais.

3.3.1.3. Envolvente Transparente

A envolvente transparente engloba todos os tipos de envidraçados que o imóvel possua em contacto com o exterior. A razão para estarem divididos em relação à envolvente opaca é devido à sua propriedade de permitir a passagem de raios solares, o que implica um aquecimento interior acrescido à sua transmissão térmica. A sua influência no cálculo das necessidades energéticas é muito importante, pois a boa utilização da energia solar permite obter aquecimento gratuito no inverno, mas também excesso de aquecimento no verão. O seu peso nas necessidades de aquecimento (eq. (3.2)) obtém-se através da fórmula dos ganhos solares, em kWh:

$$Q_s = G_{sul} \sum_j \left[X_j \sum_n A_{snj} \right] \cdot M \quad (3.17)$$

Em que:

- G_{sul} - valor médio mensal da energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul, em kWh/m².mês (v. quadro III.8);
- X_j - fator de orientação para diferentes exposições (v. quadro IV.4);
- A_{snj} - área efetiva coletora da radiação solar da superfície n com orientação j, em m²;
- j - índice que corresponde a cada uma das orientações;
- m - índice que corresponde a cada uma das superfícies com orientação j;
- M - duração da estação de aquecimento, em meses (v. quadro III.1).

Todos os valores mencionados são tabelados e constantes, salvo A_{snj} , que é obtido através da seguinte fórmula:

$$A_s = A \cdot F_s \cdot F_g \cdot F_w \cdot G_{\perp} \quad (3.18)$$

Com:

- A - Área total do vão envidraçado, incluindo vidro e caixilho, em m²;
- F_s - fator de obstrução (ponto 4.3.3 do anexo IV)
- F_g - fração envidraçada (ponto 4.3.4 do anexo IV);
- F_w - fator de correção devido à variação das propriedades do vidro (ponto 4.3.5 do anexo IV);
- $G_{\perp}$ - fator solar do vão envidraçado para radiação incidente na perpendicular ao envidraçado (ponto 4.3.2 no anexo IV).

De acordo com o ponto 4.3.1.2 do anexo IV, o valor do produto $F_s \cdot F_g \cdot F_w$ pode ser considerado igual a 0,46, desde que o envidraçado em causa não possua sombreamentos consideráveis. Nesse caso, terá que ser calculado em pormenor o seu valor.

O seu peso nas necessidades de aquecimento (equação (3.5) é mensurado através da seguinte fórmula:

$$Q_2 = \sum_j \left[I r_j \sum_n A_{snj} \right] \quad (3.19)$$

O princípio da fórmula é o mesmo que a do inverno, no entanto, devido às distintas relações angulares entre o inverno e o verão, alguns fatores vão ser obtidos de formas diferentes. A Figura 3.12 foi obtida através de uma simulação dinâmica de um edifício e apresenta um ótimo exemplo dessa questão: é visível a diferença da incidência de sombreamento, ao meio-dia de dezembro e de junho, num edifício com envidraçados orientados para sul. Como se pode ver, no primeiro caso o sol incide diretamente no interior, enquanto que no segundo não existe nenhuma incidência direta de luz solar através dos mesmos envidraçados. Este é um excelente exemplo de um bom projeto de arquitetura, em que o dimensionamento de um dispositivo de proteção solar passivo contribui substancialmente para a redução das necessidades energéticas globais do edifício - aproveita-se o aquecimento solar de inverno e reduz-se a sua influência nas cargas no período de arrefecimento.

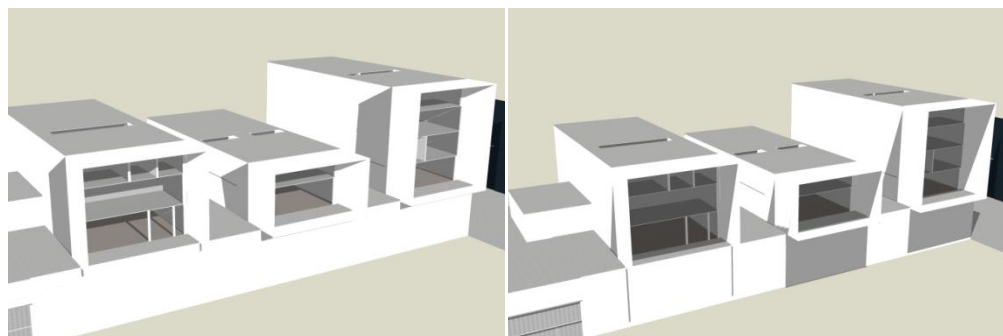


Figura 3.12 - Diferença da incidência solar no inverno (esquerda) e no verão (direita).

Assim, para efeitos de carga térmica dos edifícios, a colocação de dispositivos de sombreamento solar passivos adequados, como o da imagem, permitirão melhorar a classificação energética do edifício. Comparando então os valores do sombreamento solar no verão e no inverno (quadros IV.6, IV.7, V.1, V.2), e com o objetivo de determinar quais as janelas que nos permitem diminuir mais os ganhos de uma forma geral, compararam-se as reduções do ganho de verão e do inverno, tal como se apresenta, mediante a orientação da janela e o tipo de pala.

Tabela 3.20 - Coeficiente de redução (inverno | verão) referente à aplicação de palas horizontais em envidraçados, agrupado pela sua orientação. [38]

Posição da pala Horizontal	α	N	NE/NW	E/W	SE/SW	S
	30°	1 0,98	0,94 0,86	0,84 0,75	0,76 0,68	0,73 0,63
	45°	1 0,97	0,9 0,78	0,74 0,64	0,63 0,57	0,59 0,55
	60°	1 0,94	0,85 0,7	0,64 0,55	0,49 0,5	0,44 0,52

Tabela 3.21 - Coeficiente de redução (inverno | verão) referente à aplicação de palas verticais em envidraçados, agrupado pela sua orientação. [38]

Posição da pala vertical	α	NE	E	SE	S	SW	W	NW
	30°	1 0,86	1 0,95	0,97 0,96	0,93 0,91	0,91 0,91	0,87 0,96	0,89 1
	45°	1 0,78	1 0,93	0,95 0,95	0,88 0,87	0,86 0,85	0,8 0,96	0,84 1
	60°	1 0,69	1 0,88	0,91 0,93	0,83 0,84	0,79 0,77	0,72 0,95	0,8 1
	30°	0,89 1	0,87 0,96	0,91 0,91	0,93 0,91	0,97 0,96	1 0,95	1 0,86
	45°	0,84 1	0,8 0,96	0,86 0,85	0,88 0,87	0,95 0,95	1 0,93	1 0,78
	60°	0,8 1	0,78 0,95	0,79 0,77	0,83 0,84	0,91 0,93	1 0,88	1 0,69
	30°	0,89 0,86	0,86 0,9	0,88 0,91	0,85 0,82	0,88 0,9,1	0,86 0,9	0,89 0,86
	45°	0,84 0,78	0,8 0,92	0,8 0,84	0,76 0,74	0,8 0,84	0,8 0,92	0,84 0,78
	60°	0,8 0,69	0,71 0,86	0,71 0,75	0,65 0,67	0,71 0,75	0,71 0,86	0,8 0,69

Os valores apresentados nestas tabelas podem servir de referência para saber quais as melhores janelas para colocar proteções. As cores representam a certeza de ganhos térmicos

associados ao seu uso e os valores a verde prometem ser boas opções pois permitem redução no verão sem prejudicar os ganhos de inverno. Já os vermelhos fazem o inverso, pelo que a sua utilização não trará benefícios energéticos. No caso dos valores neutros, a melhoria pode tender para as duas situações: só em caso das necessidades energéticas de verão serem muito maiores que as de inverno é que a sua implementação pode compensar, já que vai reduzir substancialmente a carga relacionada com a incidência solar. No entanto, é necessário estudar devidamente a compensação que se obtém com a sua aplicação em cada caso.

Por último, existe ainda um fator que quantifica a contribuição da existência de dispositivos de proteção solar como persianas, cortinas ou estores, que possam ser ativados ou desativados mediante a necessidade. O seu valor no inverno é desprezado, já que se pode admitir que se encontram na maioria das vezes desativados, mas, no verão, a sua influência pode ser fulcral para a diminuição de pesos da componente térmica. O fator em questão denomina-se fator solar G_L , e os casos mais comuns estão referenciados na tabela V.4 do RCCTE. O peso desta componente pode ser determinante para uma boa poupança energética: a boa escolha do material em questão permite diminuir em mais de 90% da quantidade de luz solar incidente, como se pode verificar pelos dados da Tabela 3.22.

Tabela 3.22 - Valores típicos do fator solar para diferentes tipos de dispositivos de proteção solar. [38]

<i>Tipo de dispositivo de proteção</i>	G_L	
	Vidro simples	Vidro duplo
Sem proteção	0,85	0,75
Cortina muito transparente	0,70	0,63
Estores de lâminas	0,45	0,47
Persianas metálicas	0,10	0,07
Portadas exteriores em madeira	0,04	0,03

90%-

A melhoria deste fator através da colocação de dispositivos de proteção solar facilmente fará diminuir a carga adstrita à época de arrefecimento. Esta medida poderá trazer grandes benefícios principalmente em edifícios em que a carga térmica é essencialmente arrefecimento, como acontece em muitos edifícios de serviços.

3.3.1.4. Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC)

O AVAC é outro dos maiores consumidores de energia no parque edificado, no entanto é o que mais variáveis contém e, por isso, isoladamente não permite grandes melhorias. Como temos vindo a analisar neste capítulo, todos os outros componentes vão induzir uma certa carga no consumo AVAC, pelo que este é um setor com dependências diretas de todos os outros. Além do mais, este componente ainda possui o papel fundamental de manutenção da qualidade do ar interior, que se encontra detalhadamente regulamentado no RSECE. A modificação deste tipo de instalações em existentes é raramente justificável, pois é um processo incomportavelmente dispendioso e que nunca obterá um retorno financeiro apelativo, no entanto podem ocorrer em caso da qualidade do ar interior se encontre seriamente ameaçada.

A sua influência nas necessidades de aquecimento é quantificada pelo fator Q_v da equação (3.2), e que é dado pela seguinte expressão, em kWh:

$$Q_v = 0,024 \cdot (0,34 \times R_{ph} \times A_p \times P_d) \cdot GD \times (1 - \eta) \quad (3.20)$$

em que:

- R_{ph} - número de renovações horárias do ar interior (taxa de renovação nominal);
- A_p - área útil de pavimento (m^2);
- P_d - pé-direito médio (m).
- η - rendimento do sistema de recuperação de calor;

Já para o caso na época de arrefecimento, a fórmula a utilizar é a seguinte, com influência direta na equação (3.5):

$$Q_3 = 2,928 \cdot (0,34 \times R_{ph} \times A_p \times P_d) \times (\theta_m - \theta_i) \quad (3.21)$$

em que:

- θ_m - temperatura média do ar exterior da zona climática do edifício (quadro III.9);
- θ_i - temperatura do ambiente interior, em $^{\circ}C$;

Todas as variáveis aqui apresentadas não são passíveis de grandes modificações pois os únicos valores que poderiam mais facilmente variar seriam R_{ph} e η . No caso do primeiro, a sua diminuição é complicada já que o RSECE requer que se cumpra valores mínimos. Admitindo que o dimensionamento do equipamento de climatização já foi otimizado de modo a garantir esse caudal mínimo, não existe espaço para grandes modificações.

Principalmente em edifícios com grandes áreas, a renovação do ar interior terá de ser feita por utilização de ventilação mecânica que promova a circulação contínua do ar interior.

Essa ventilação será responsável por um consumo que não pode ser ignorado, e por isso vai ser somado às necessidades de aquecimento através da seguinte fórmula:

$$E_v = P_v \cdot 24 \times 0,03M \quad (3.22)$$

em que:

- P_v - soma das potências dos ventiladores instalados, em W;
- M - duração média da estação convencional de aquecimento, em meses.

Quanto ao consumo na época de arrefecimento, o regulamento explica que é necessário efetuar o seu cálculo, no entanto não apresenta nenhuma regra ou equação que possa ser utilizada, pelo que é considerado as horas de operação nominais do equipamento AVAC. Em termos de classificação, este valor será adicionado aos consumos de cada necessidade (aquecimento e arrefecimento). As horas de funcionamento deste equipamento serão as do perfil de ocupação da tipologia em questão, que pode ser obtido no anexo XV do RSECE.

Um aspeto importante é a eficiência do equipamento AVAC, que não é mais do que o seu rendimento térmico, isto é, a capacidade de converter energia absorvida em térmica, seja no aquecimento ou arrefecimento. Geralmente os equipamentos AVAC possuem rendimentos diferentes para cada ciclo, pelo que são distinguidos através da utilização das designações Coefficient Of Performance (COP) para aquecimento, e Energy Efficiency Ratio (EER) para arrefecimento. A utilização de equipamento com COP's e EER's elevados permite uma maior eficiência na climatização do edifício, que se traduz em menor energia consumida para fornecer a mesma energia térmica.

Em termos de melhorias, a melhor otimização do sistema poderá ser através do uso de sistemas recuperadores de calor, cuja rentabilidade é proporcional às necessidades de aquecimento e ao rendimento do equipamento. Este equipamento acumula o calor do ar extraído do interior, que, por sua vez, serve para aquecer o ar a ser insuflado no edifício. Com este aproveitamento, poupa-se energia a aquecer o ar frio proveniente do exterior. Por último, é ainda possível obter poupanças imediatas com o ajuste das temperaturas de funcionamento do equipamento AVAC - é bastante comum na auditoria energética verificar que os *set-points* (temperaturas mínimas e máximas exigidas ao equipamento AVAC) se encontram desproporcionais ao necessário, pelo que o seu reajuste pode trazer poupanças consideráveis. De salientar que, atentando ao cálculo analisados até agora no RCCTE, não existem ganhos ou perdas associadas com a alteração do *set-point* no inverno. Existe ainda a possibilidade de efetuar arrefecimento gratuito (*free-cooling*), que consiste em desligar o arrefecimento AVAC quando a temperatura exterior é inferior à temperatura interior, permitindo assim eliminar o consumo de arrefecimento. Este sistema não terá grande

interesse no caso de edifícios que possuam grandes cargas térmicas interiores, em que a temperatura interior será sempre maior.

Por último, existe ainda a possibilidade de utilização de fontes de energia renováveis que diminuam a carga térmica do edifício, como por exemplo o *SolarWall*, ou aquecimento por biomassa ou geotérmico. Sendo que as últimas aplicações são mais direcionadas para habitações, vamos centrar-nos no *SolarWall*, que tem a capacidade de reduzir drasticamente o consumo relacionado com o aquecimento. Apesar de não existir no atual regulamento do SCE nenhuma referência à sua influência nas necessidades energéticas, a energia útil produzida por este equipamento pode ser subtraída às necessidades de aquecimento finais, melhorando assim a sua classificação energética [51]. Assim sendo, pode-se obter a melhoria da classificação energética através da equação (3.23, em que $E_{produzida}$ é a energia útil produzida pelo painel, IEE_{real} o IEE obtido na simulação nominal e IEE_{ref} o valor da classificação a atingir.

$$E_{produzida} = (IEE_{ref} - IEE_{real}) \times \frac{A_t}{k} \quad (3.23)$$

A constante k é atribuída mediante o tipo de energia evitada pela energia produzida por um aproveitamento deste tipo, e é atribuída pelo RSECE, que é de 0,290 para eletricidade e 0,086 para outro tipo de combustíveis.



Figura 3.13 - Princípio de funcionamento de um sistema *SolarWall*. [65]

O *SolarWall* é um dispositivo que funciona através de coletores solares que pré-aquecem o ar exterior, diminuindo assim a diferença de temperatura que o AVAC convencional tem de vencer para manter a insuflação de temperatura dentro do exigido. O grande problema deste equipamento é a falta de dados de quantifiquem a sua eficácia durante o período de arrefecimento - a sua capacidade de aquecimento é deveras atraente, mas existem algumas dúvidas nomeadamente quanto à sua utilidade nos meses de verão, pois uma parede com grande coeficiente de absorção solar será responsável por um maior aquecimento do edifício, o que leva a um mau desempenho energético, no entanto não foi possível obter dados conclusivos sobre esta questão. O seu dimensionamento e estudo económico podem ser elaborados recorrendo ao programa *RETScreen*, que consiste numa complexa folha de cálculo

que elabora cálculos que relacionam o local, caudal, meses de utilização, preços de energias, etc. e chega a um período de retorno do investimento inicial. A título de exemplo, utilizaram-se exemplos-base fornecidos com o programa para estimar o *payback* de aproveitamentos residenciais, comerciais e industriais, onde se obteve, respetivamente, 8, 10 e 4 anos. O facto do rendimento deste equipamento ser menor em edifícios de serviços não é de admirar, visto que são edifícios que possuem grandes cargas de arrefecimento, pelo que o *SolarWall* não será tão boa escolha. Quanto a outros casos, apesar dos exemplos, a sua viabilidade terá de ser cuidadosamente estudada e comprovada.

Uma nota para uma situação verificada: em termos de certificação energética RSECE, a influência deste equipamento pode tornar-se praticamente nula, mesmo que permita eliminar todo o consumo de aquecimento de um edifício. Vejamos este exemplo: foram instalados 50 m² de *SolarWall* num edifício que utiliza gás como combustível para o seu aquecimento. O aproveitamento será responsável por uma produção térmica de 18 kWh/ano, reduzindo para um terço consumo anual de 30 kWh/ano em combustível gasoso, mas no entanto iremos adicionar 4 kWh/ano em fornecimento de eletricidade aos seus ventiladores, que distribuam o calor gerado pelo sistema por todo o edifício. Multiplicando isso pelos valores de conversão do IEE de kWh para kgep, obtém-se:

$$\text{Redução consumo gás} = 18 \times 0,086 = 1,548 \text{ kgep} \quad (3.24)$$

$$\text{Aumento consumo elétrico} = 4 \times 0,29 = 1,16 \text{ kgep} \quad (3.25)$$

$$\text{Melhoria total} = 1,548 - 1,16 = 0,388 \text{ kgep} \quad (3.26)$$

Verificando os cálculos, podemos ver que a descida de consumo de gás quase equivale ao aumento do consumo em eletricidade. Concluindo, apesar de o equipamento permitir diminuir substancialmente o consumo de aquecimento do edifício, a sua influência na classificação e no cálculo dos consumos reais e nominais poderá ser menor do que a esperada, já que é preciso ter em conta os fatores de conversão de cada combustível [ver capítulo 3.1.2].

3.3.1.5. Preparação de Águas Quentes Sanitárias (AQS)

Para efeitos regulamentares, as necessidades anuais de energia útil para AQS são calculadas através da seguinte expressão, em kWh:

$$N_{ac} = \left(\frac{Q_a}{\eta_a} - E_{solar} - E_{ren} \right) / A_p \quad (3.27)$$

em que:

- Q_a - energia útil despendida com sistemas convencionais de preparação de AQS;
- η_a - eficiência de conversão desses sistemas de AQS;

- E_{solar} - contribuição de sistemas de coletores solares para o aquecimento de AQS;
- E_{ren} - contribuição de outras formas de energias renováveis para preparação de AQS, bem como quaisquer formas de recuperação de calor de equipamentos ou fluidos residuais;
- A_p - área útil de pavimento.

No âmbito do RCCTE, a vantagem em utilizar energias renováveis nesta área é grande: cada kWh produzido por uma fonte de energia não convencional será subtraído às necessidades de aquecimento de águas sanitárias, sendo mesmo teoricamente possível anular este fator na classificação energética do edifício. Esta “benesse” está intrinsecamente ligada às políticas públicas de promoção da utilização de sistemas solares térmicos (SST), que acredita que a sua utilização em edifícios residenciais permitirá uma redução considerável na energia consumida anual.

Em edifícios de serviços, ou abrangidos pelo RSECE, em que o cálculo dos consumos é elaborado pelo IEE, a energia produzida via renovável é tida em conta de outro modo - é um valor que subtrairá à energia consumida não ligada aos processos de aquecimento e arrefecimento, Q_{out} (equação (3.11)), diminuindo assim a energia consumida pelo edifício de uma forma equitativa, não fazendo especial distinção entre produção de energia para AQS ou para qualquer outro fim, como acontece no RCCTE.

Assim, existem duas formas de atuar sobre este parâmetro de modo a melhorar a classificação: atuando sobre a eficiência dos sistemas convencionais de preparação de AQS, ou instalando sistemas de aproveitamento de energia renovável.

Tabela 3.23 - Comparação entre diferentes sistemas de AQS. [64]

<i>Tipo de sistema de preparação de AQS</i>	η	<i>Fator de Agravamento</i> <i>(1/η-1)</i>	<i>Custo anual*</i> <i>(€)</i>
Termoacumulador elétrico com pelo 100 mm de isolamento térmico	95%	5%	241
Caldeira mural com acumulação com 50 a 100 mm de isolamento térmico	82%	22%	146
Termoacumulador a gás com menos de 50 mm de isolamento térmico	70%	43%	177
Esquentador a gás	50%	100%	248

As eficiências de cada equipamento são definidas pelo respetivo fabricante, mas, na ausência de informação mais precisa, podem ser consultados alguns valores de referência no ponto 3 do anexo VI do RCCTE. Na Tabela 3.23 pode-se consultar um resumo desses valores e também um fator de agravamento, relacionado com o rendimento, que toma em consideração o facto de o consumo de energia para AQS ser dividido pelo rendimento. É assinalável que a opção por um esquentador a gás poderá ser responsável por necessidades quase 4 vezes superior a um termoacumulador, considerando o facto de que a maior energia consumida pelo equipamento ineficiente é dividida pelo seu rendimento, o que o tornará ainda maior.

Quanto à opção por aproveitamentos de energias renováveis, os mais comuns são os Sistemas Solares Térmicos (SST). O seu dimensionamento é efetuado com o programa SOLTERM do INETI, que permite prever a energia produzida pelo sistema, mediante a zona geográfica de instalação. É um programa intuitivo e simples de usar, que permite uma análise económica e financeira rápida de um aproveitamento SST. Na Figura 3.14, podemos ver o interface do *software*, em que é possível dimensionar todos os aspetos relativos ao consumo de AQS, como o tipo de coletor, de depósito, a energia de apoio e as tubagens, tendo como base o consumo anual, que é tão detalhado que permite a inserção dos dados do consumo hora a hora.

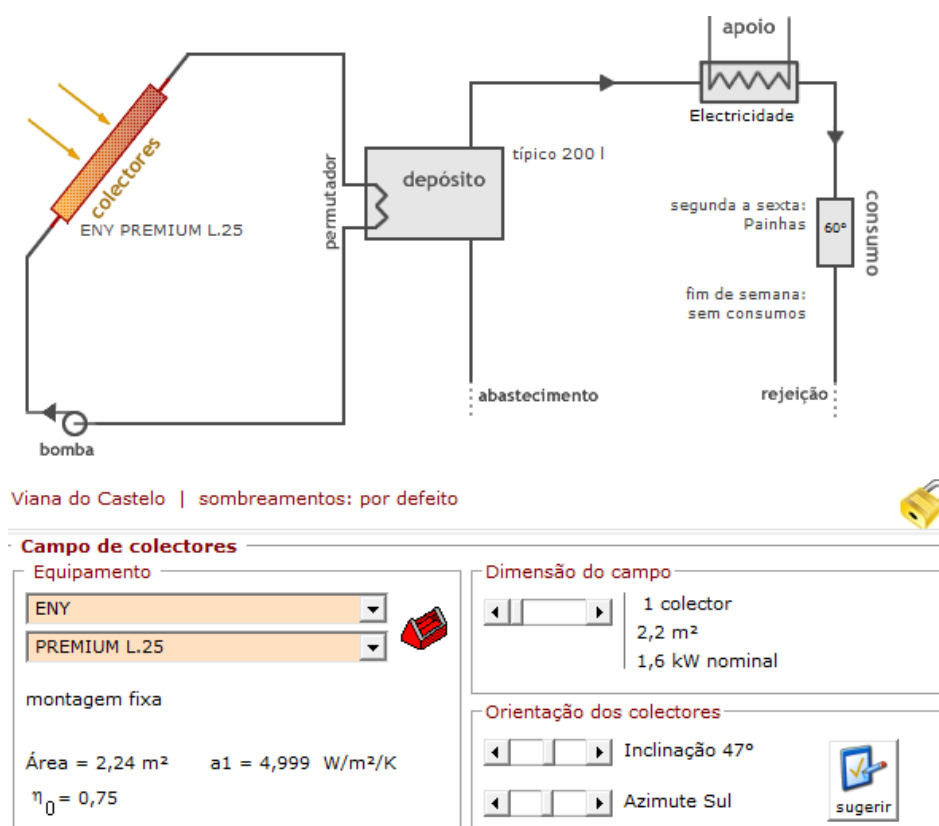


Figura 3.14 - Interface do *software* SOLTERM.

Na tabela seguinte, podemos ver uma simples análise financeira a este tipo de aproveitamento para uma instalação com uma área de painéis total de 4 m², de modo a proporcionar uma noção da poupança que permite obter.

Tabela 3.24 - Custo anual de energia evitada pela instalação de 4 m² de um SST. [64]

<i>Tipo de sistema de preparação de AQS</i>	<i>η</i>	<i>Custo da Energia Evitada (€/kWh)</i>	<i>Produção dos painéis (kWh.ano/m²)</i>	<i>Retorno financeiro (€/ano)</i>
Termoacumulador elétrico	80%	0,10	500	250
Termoacumulador a gás	70%	0,054		154
Caldeira mural a gás	65%	0,054		166
Esquentador a gás	50%	0,054		216

A contribuição de outros tipos de energia para AQS (como biomassa) é algo incomum e a legislação apenas refere que “A contribuição de quaisquer outras formas de energia renováveis E_{ren} [...] deve ser calculada com base num método devidamente justificado e reconhecido e aceite pela entidade licenciadora”. Assim sendo, não nos é possível fazer uma análise ao peso de outro tipo de componentes.

Em suma, várias conclusões se podem retirar das melhorias nesta área:

- A utilização de aproveitamentos de energia renovável tem apenas especial ênfase no RCCTE. Mesmo o mais eficiente dos equipamentos de AQS convencionais está sujeito a um fator que agrava o seu consumo real, o que pode ser minimizado caso esse aquecimento passe a ser afeto a dispositivos que usem energias renováveis;
- Um SST poderá ter um grande impacto na performance energética do edifício, no entanto poderá também não ser uma solução financeiramente aliciante. Nos casos mostrados na Tabela 3.24, o período de retorno do caso mais rentável seria apenas de aproximadamente 6 anos;
- A instalação de SST combinados com sistemas convencionais eficientes é uma ótima forma de obter uma boa eficiência energética, já que se reduz quase todas as necessidades de preparação de AQS (equação 3.29).

3.3.1.6. Equipamento

Esta área engloba todos os equipamentos que não representem iluminação, AVAC ou preparação de AQS. Tal como o AVAC, esta componente não possui grande possibilidade de modificação que permita a melhoria da classificação energética. Apesar de possuir um tratamento matemático semelhante à iluminação, a racionalização do seu consumo só permite influenciar o valor da simulação real, que apenas permite a verificação dos limites energéticos em edifícios existentes. Na simulação que ditará a classificação energética, a densidade de equipamento será sempre nominal, pelo que não existe espaço de manobra nesta área. Em termos térmicos, entrará nas fórmulas das necessidades de aquecimento e arrefecimento sob a forma de calor interior, que equivale a Q_i , que é obtido com as fórmulas:

$$Q_i = q_i \cdot M \cdot A_p \times 0,720 \quad (3.28)$$

$$Q_i = 2,928 \cdot q_i \cdot A_p \quad (3.29)$$

sendo, respetivamente, as fórmulas para inverno e para verão. Como é lógico, no inverno o calor produzido representa um aquecimento gratuito, enquanto no verão representa calor a dissipar.

Como já referido, a eficiência energética do equipamento instalado não é considerada no momento da classificação energética, já que o anexo XV possui, além dos perfis nominais de utilização, valores de referência de densidade de equipamento por tipologia a utilizar na simulação nominal e, por essa razão, não é possível apontar melhorias. Assim sendo, esta área só poderá representar benefícios energéticos caso o edifício ultrapasse os consumos máximos permitidos, mas, mesmo nesse caso, existe um leque de outras oportunidades de melhoria mais interessantes e rentáveis a considerar.

3.3.1.7. Outros

A produção de energia para consumo próprio que não se refira a AVAC ou AQS não trará nenhuns benefícios em termos de classificação no âmbito de RCCTE, o que dá a sensação de ser um pouco contracorrente em relação à filosofia “verde” que o Governo pretende incutir no setor dos edifícios. Já no RSECE, a situação é diferente. Neste regulamento, toda a energia evitada será considerada, no entanto a classificação energética não possui sensibilidade quanto à razão da energia minimizada: a única diferença entre utilizar aproveitamentos solares para alimentar qualquer equipamento não AVAC ou simplesmente eliminá-lo será o calor interno que estes produzirão.

As fontes de energia mais comuns que podem ser responsáveis por uma melhoria da classificação energética são maioritariamente biomassa, painéis solares e mini-eólicas. O método de cálculo para a melhoria da obtenção da classificação através da quantidade de

energia produzida por qualquer um podem ser calculadas também com uma fórmula homónima utilizada no caso do *SolarWall* [equação (3.23)].

3.3.2. Visão Global

Esta análise permitiu identificar quais os fatores que possibilitam a alteração a classificação energética de um edifício (para melhor ou para pior), e qual o seu peso numa eventual intervenção desse tipo. Com essa análise, pôde-se atingir diferentes objetivos:

- Uma grande sensibilidade relativa a todas as variáveis que influenciam o comportamento térmico do edifício;
- Possibilidade de, à luz da legislação vigente, detetar quais as melhores alterações a efetuar a um edifício, mediante as suas características únicas e o seu tipo de utilização;

A combinação dos dois pontos permitiu identificar as variáveis a ter mais em conta aquando a seleção de melhorias a efetuar a projetos ou existentes, além de servir como ponto de partida para determinar quais as medidas que poderão ser uma mais-valia para o aumento do nível de exigência do presente regulamento.

3.4 - Atualização da legislação

Após longas pesquisas, não foi possível obter dados concretos quanto às mudanças que serão inseridas no SCE com a nova revisão da legislação, que está para vir no seguimento da nova Diretiva EPBD, 2010/31/EU, de 19 de maio de 2010. O objetivo desta legislação continua a ser bastante ambicioso: a alínea a) do ponto 1, do artigo 9º, do documento, afirma pretender que *“o mais tarde em 31 de dezembro de 2020, todos os edifícios novos sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia”*. [72]

A sua transposição ocorrerá num curto espaço de tempo (até 9 de julho de 2012 [71]), no entanto é necessário esperar pela sua emissão, já que a diretiva europeia oferece alguma liberdade na sua implementação. Citando o ponto 9 do documento, *“o desempenho energético dos edifícios deverá ser calculado com base numa metodologia que poderá ser diferenciada a nível nacional e regional. [...] Essa metodologia deverá ter em conta as normas europeias em vigor”* [72]. Assim, ter-se-á como base alguns dados referentes a apresentações realizadas em fevereiro pela Eng^a Margarida Pinto e em maio pela Eng^a Fátima Alpalhão, ambas colaboradoras da ADENE, em que apresentavam alguns pontos, não muito concretos, sobre a nova legislação [71] [73].

Segundo as suas apresentações, salientam-se apenas algumas das principais novidades no SCE são:

1. A envolvente passará a ter maior relevância para a classificação energética;
2. Reforço da fiscalização a processos SCE;
3. Apresentação da classe energética na publicidade a edifícios;
4. Alteração nas metodologias de cálculo de RCCTE, nomeadamente quanto à situação de verão, inverno e ventilação;
5. Incentivo à utilização de sistemas passivos energéticos, tanto no RCCTE como no RSECE;
6. Introdução de requisitos de eficiência quanto à iluminação;
7. Agilização do cálculo do IEE para edifícios existentes, e PES novos;
8. Atualização da tabela dos caudais de ar novo;
9. Incentivo e apoio à utilização de ventilação natural;
10. Alteração à periodicidade das auditorias.
11. Atualização da definição de Grande Edifícios de Serviços: a partir de 2012, todos os edifícios de serviços com mais de 500 m², e a partir de 2015 com mais de 250 m².

De salientar que não é possível especificar a qualidade destas intervenções, sendo necessário aguardar pelo lançamento da nova legislação para proceder à sua análise pormenorizada. Havendo uma quantidade de alterações tão grande, coloca-se aqui a questão de que se, de facto, todos os pontos serão estudados, criados, testados e implementados até à data de emissão da nova legislação. Admitindo que todos eles necessitam de fundamentação teórica e experimental, a extensa lista transmite a sensação de este se tratar de um projeto bastante complexo.

3.5 - Conclusão

Este capítulo incidiu unicamente sobre os Decretos-Lei em si e a sua devida fundamentação matemática. A formulação de tão vasto capítulo justifica-se pelo facto de ter trazido uma mais-valia à compreensão dos mecanismo criado em 2006, de modo a, agora, permitir elaborar casos práticos com o devido conhecimento teórico que a suporta e, ainda, para mais tarde poder elaborar reflexões sobre todo o sistema. Combinando todo este capítulo com resultados obtidos em casos práticos, parece ser a melhor forma de avaliar o desempenho da legislação, pois considera-se tanto a parte teórica e a parte prática, podendo ainda adicionar a isso o ponto de vista de uma empresa certificadora. O conhecimento obtido aqui criou uma sensibilidade sobre a componente térmica aplicada aos edifícios, que promove o surgimento de um espírito crítico, que incide sobre métodos de cálculo e seus componentes, mas também nos resultados.

Abordando também a temática do cluster que o SCE criou com a atualização da legislação estamos a criar condições para que, mais tarde, se possam fundir ambos os capítulos e concluir sobre o que estas alterações irão mudar, pesando tanto a alteração aos certificados emitidos como a própria empresa certificadora.

Capítulo 4

Casos de Estudo da Aplicação do SCE

4.1 - Introdução

Neste capítulo, pretende-se analisar na prática todas as melhorias que foram explanadas no capítulo anterior, recorrendo a um *software* de simulação que permita elaborar a simulação dinâmica de diferentes edifícios. O método de análise será o de expor diferentes edifícios a diferentes melhorias (das já analisadas previamente), de modo a poder concluir quais as que apresentam melhor relação custo/benefício, de entre as várias que serão equacionadas. Estas conclusões permitirão servir como ponto de partida para diferentes propósitos:

- Identificar as variáveis que mais peso têm na classificação energética do edifício, a ponto de permitir otimizar o seu peso;
- As medidas de melhorias que se confirmem mais vantajosas poderão ser alvo de benefícios fiscais que incentivem a sua propagação em edifícios a certificar;
- A criação de uma lista de medidas de melhoria mediante o tipo de característica de cada edifício;
- Comprovando a existência de medidas que se tornem vantajosas energética e economicamente, o nível de exigência da presente legislação poderá aumentar, pois é uma situação de *win-win*: o cliente reduz a sua fatura energética e o país diminui a energia consumida pelo parque edificado, diminuindo assim o seu consumo global, que, por sua vez, contribui para a diminuição da dependência energética externa e das emissões de gases poluentes para a atmosfera.

O primeiro passo consistirá em determinar qual o *software* mais indicado para efetuar uma simulação suficientemente rigorosa. De seguida, vão ser escolhidos alguns edifícios, e o

critério será utilizar edifícios que não sejam muito semelhantes nas suas características para que a simulação seja representativa de uma grande parte dos edifícios sujeitos ao SCE.

4.2 - Análise ao *software* existente

O primeiro passo para a análise aos programas de simulação é determinar quais os *softwares* legalmente válidos para efeitos do RSECE. A legislação apenas refere a norma ASHRAE como método de validação do *software*. Porém as Perguntas & Respostas do RSECE Energia, publicadas pela ADENE, fornecem um *link* que lista todos os softwares permitidos à luz do regulamento, que se encontra resumida na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - *Softwares* acreditados pela norma ASHRAE [52]

<i>Programa</i>	<i>Versão</i>	<i>Data Aprovação</i>
Autodesk Green Building Studio	3.4	Outubro 2008
Designbuilder	3.0.0.105	Março 2012
DOE-2.2	47d	Setembro 2009
EnergyGauge	3.22	Janeiro 2010
EnergyPlus	7.0	Dezembro 2011
EnergyPro	5.1	Janeiro 2010
EnerSim	9.02	Dezembro 2009
eQUEST	3.63b	Setembro 2009
HAP	4.50	Julho 2011
IES <Virtual environment>	6.3	Março 2011
TRACE 700	6.2.8	Abril 2012

Na lista encontram-se a negro os programas que possuem mais de 12 meses desde a sua última atualização, pelo que por essa razão não aparentam ser as melhores escolhas para uma simulação detalhada atual e de qualidade. Verificando os itens que restam na lista (a verde), de facto todos estes são os mais utilizados e mencionados por formadores da ADENE, e também por vários Peritos Qualificados. De modo a poder garantir que o *software* está apto para realizar o trabalho pretendido, o website também fornece uma lista dos estudos realizados. Algumas das diferenças encontradas nesses relatórios são apresentadas sucintamente na Tabela 4.2.

Podemos constatar que a opção mais acertada é de longe o EnergyPlus, estando no outro extremo o HAP, da *Carrier*. O DesignBuilder é um programa que possui um ambiente gráfico apelativo para a simulação, sendo que, depois de construído o modelo, exporta os dados para o EnergyPlus, que efetua a simulação. No fim, recolhe e trata os dados de modo a apresentar apenas os mais importantes da simulação, já que o EnergyPlus possui uma quantidade de

outputs abundante. Devido a esta característica, pode-se afirmar que é legítima e justificada a utilização deste *software* para análise à classificação de diferentes edifícios. Na Figura 4.1, apresenta-se uma imagem do interface gráfico do DesignBuilder, que, apesar do número gigantesco de opções, dados e variáveis, é um programa estável e intuitivo, que permite o desenho das mais complexas formas geométricas de modo bastante fluído.

Tabela 4.2 - Principais diferenças entre *softwares* de acordo com a norma ASHRAE.
[67][68][69]

Teste	DB	EP	HAP	TRACE
Ventilação natural	Sim	Sim	Não	Não
Ventilação mista	Sim	Sim	Não	Não
Alteração da temperatura exterior	Não	Sim	Sim	Sim
Displacement Ventilation	Sim	Sim	Não	Sim
Arrefecimento Evaporativo	Não	Sim	Não	Sim
Água para consumo doméstico	Não	Sim	Não	Sim
Água para AVAC	Sim	Sim	Sim	Não
Controlo Automático Luzes	Sim	Sim	Sim	Sim
Aquecimento ou arrefecimento radiante	Sim	Sim	Não	Não
Aproveitamento da Luz Solar	Sim	Sim	Não	Sim
Energias Renováveis	Não	Sim	Não	Sim

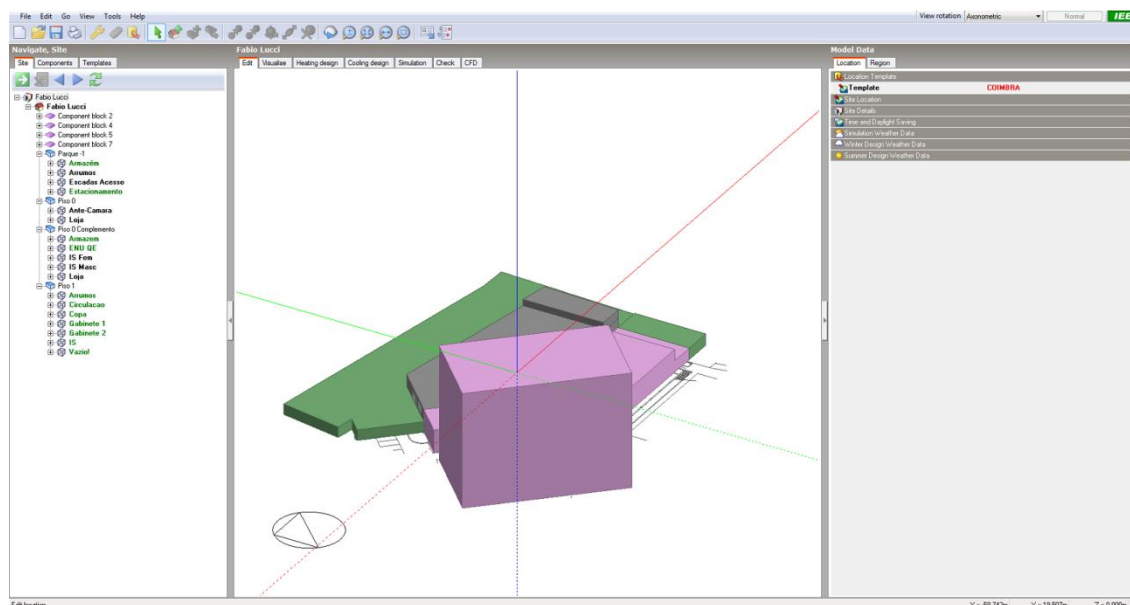


Figura 4.1 - Interface gráfica do programa Designbuilder.

O *website* do programa permite o *download* de uma versão experimental, mas que possui um limite crítico para este trabalho: a versão grátis só permite a simulação de edifícios com no máximo 50 zonas a climatizar, pelo que será utilizada a versão Designbuilder v2.3.005, com licença, disponibilizado pela Energyband. Durante as simulações, de modo a tentar aumentar a velocidade de simulação, foram utilizadas diferentes versões do programa, já que não foi possível obter a mesma, as quais, no entanto, se revelaram tentativas goradas. As diferentes versões obtiveram frequentemente outputs diferentes, com a agravante de que sempre que a simulação era salva numa versão superior, já não era possível abri-la em versões anteriores.

Para a modelização do edifício, é possível começar a criação de um edifício recorrendo à sua planta em AutoCAD, podendo-se ir desenhando o edifício através de blocos. Além do edifício em si, é muito importante ter atenção a qualquer tipo de superfície que possa criar sombreamentos no imóvel a simular, pois a diminuição da incidência solar influencia determinantemente a carga térmica final do edifício. A Figura 4.2 representa a criação de um modelo de raiz até ao momento em que se encontra finalizado.

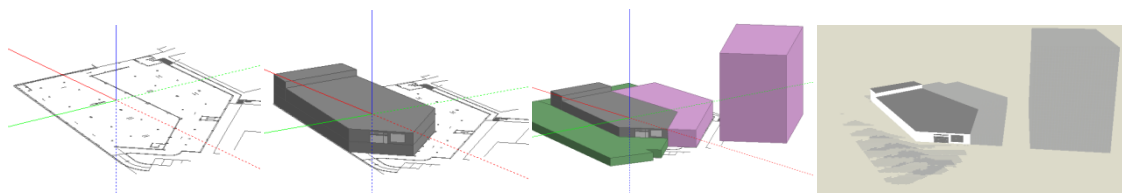


Figura 4.2 - Exemplo de evolução da modelização de um edifício no Designbuilder.

Após a construção dimensional do edifício, é necessário inserir todas as suas características, recorrendo às diferentes opções que o programa possui e que estão divididas em diferentes categorias. As opções mais importantes de cada um destas secções são:

- **Atividade** - permite distinguir o tipo de características de cada espaço, desde a sua ocupação (pessoas/m²) e o respetivo perfil, *set-points* dos equipamentos de aquecimento e arrefecimento (°C), densidade de equipamento (W/m²), renovação de ar (l/s.m², ou l/s.pessoa), iluminância alvo (lux), entre outros;
- **Construção** - permite definir a solução construtiva da envolvente opaca adotada por cada espaço. Através da escolha do material adequado, podemos aproximar com bastante precisão à solução real. É muito importante ter sempre em atenção se os coeficientes de transmissão térmica **U** coincidem com o obtido através dos cálculos com os valores de referência;
- **Aberturas** - permite alterar a solução construtiva de cada envidraçado, podendo escolher o vidro e sua caixilharia, e também inserir portas e dispositivos de proteção solar;
- **Iluminação** - permite a introduzir a densidade de iluminação existente no local, tanto interior como exterior, e também permite a ativação de dispositivos de controlo da iluminação;
- **AVAC** - permite a personalização do equipamento AVAC por cada zona, através da ativação ou desativação da sua capacidade de aquecimento ou arrefecimento, especificação do COP do equipamento, implementação de diferentes sistemas (simples ou centralizado), do tipo de combustível que utiliza para cada uma das funções, a utilização de ventilação mecânica e/ou a utilização de ventilação natural.

É necessário ainda, num separador diferente, importar os respetivos ficheiros climáticos, e especificar a orientação do edifício. As opções aqui descritas serão configuradas de forma a poder simular alterações a edifícios reais e, assim, quantificá-las em termos de Índice de Eficiência Energética e sua classificação. Deste modo, podemos verificar as condições que ditam a maior preponderância de cada variável e, assim, analisar quais os tipos de melhorias que poderão ser mais benéficos, para poderem ser aplicados de uma forma regular.

Após serem inseridos todos os dados, é efetuada a simulação dinâmica do edifício que imprime o consumo anual do edifício por dia, mês e ano, utilizando, para isso, dados climáticos de cada época do ano. O grande problema deste programa é o tempo de simulação: edifícios muito grandes, e por isso mais pesados em dados, podem demorar 6 horas a simular num bom computador, que neste caso era um Core i5 750 @ 2.67GHz, com 8 GB de memória RAM. Em computadores com menor capacidade, a simulação pode demorar mais do dobro do tempo, tornando-se, para isso, uma prática a evitar. Neste campo, o HAP é um *software* muito mais rápido, que permite simular grandes edifícios em menos tempo,

independentemente do seu tamanho (menos de uma hora). A maior rapidez não se deve apenas a cálculos menos complexos - o detalhe na introdução de dados é de tal forma elevado que, sempre que possível, são utilizadas várias simplificações que permitam poupar tempo ao utilizador.

O HAP 4.5 possui uma interface muito menos apelativa, apesar de apresentar resultados satisfatórios. A introdução de dados é um processo bastante fatigante, complicado, e propício a erros. A Figura 4.3 mostra o interface de introdução da envolvente exterior de um edifício, em que tem que se introduzir a área da parede em cada orientação calculada manualmente, e colocar o número de janelas e portas, que terão que ser mais tarde inseridos numa janela semelhante. Assim, é notável a complexidade de introdução de dados quando comparado com o DesignBuilder, que permite desenhar em cima de uma planta importada, as divisões de um piso inteiro. Ou seja, a introdução de apenas a envolvente de uma área quadrada pode demorar 5 minutos no DesignBuilder e meia hora no HAP, considerando o tempo despendido a efetuar os cálculos dos valores a inserir.

Space Properties - [Piso 0]

General | Internals | **Walls, Windows, Doors** | Roofs, Skylights | Infiltration | Floors | Partitions

Exposure	Wall Gross Area m²	Window 1 Quantity	Window 2 Quantity	Door Quantity
1 N	115,7	1	0	0
2 WSW	189,5	1	0	0
3 NNW	59,0	1	0	0
4 SSE	66,3	1	0	0
5 ENE	98,3	1	1	0
6 not used				
7 not used				
8 not used				

Construction Types for Exposure: **1 (N)**

Wall: PE2

Window 1: VE 17

Shade 1: Pala pequena

Window 2: VE 02A

Shade 2: Pala pequena

Door: (none)

OK Cancel Help

Figura 4.3 - Introdução da envolvente de uma zona a simular.

O aspeto final de um edifício pronto a simular é o da Figura 4.4 - não passa de uma lista repleta de nomes e números. Caso seja necessário reverificar todo o processo ou identificar erros, esse processo será penoso e bastante demorado. Também se deparou com o problema de, no caso de simulações que foram feitas por diferentes pessoas, ser bastante difícil identificar o que representa cada área, pelo que é uma boa prática utilizar identificações que não suscitem a mínima dúvida de que espaço se trata. Mais uma vez, o DesignBuilder é muito mais atraente que este programa, a visualização zona a zona é simples, e pode ser feita tanto em forma de lista, como no HAP, como recorrendo diretamente ao ambiente gráfico, em 3D, da simulação (Figura 4.1).

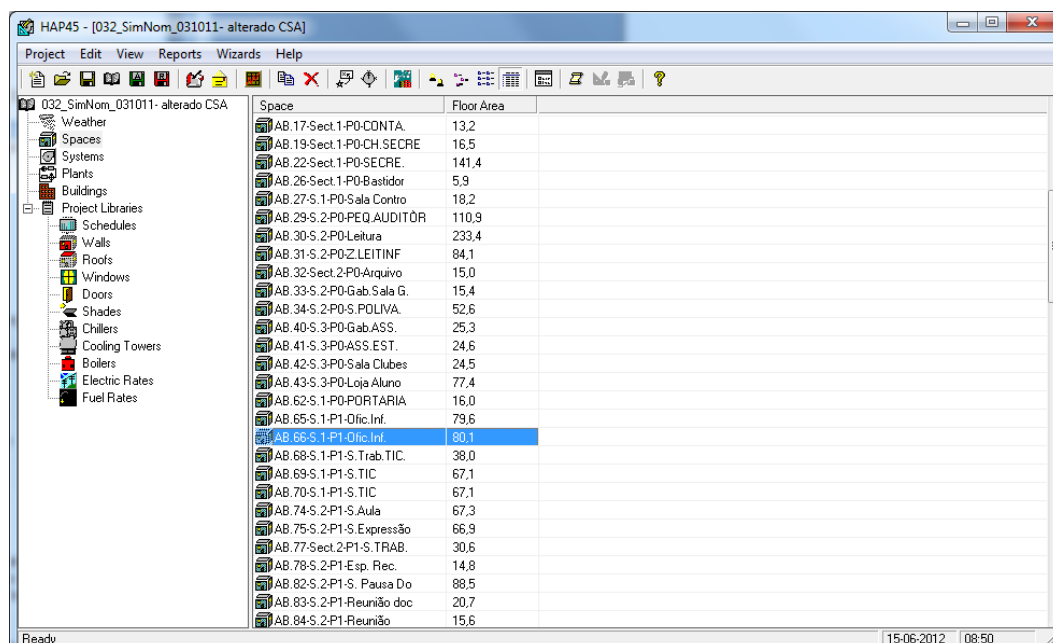


Figura 4.4 - Edifício pronto a simular em ambiente HAP 4.5.

No caso de pequenos edifícios de serviços, pode ser ainda utilizado o *software* RCCTE-STE, que realiza uma análise utilizando toda a metodologia de cálculo do RCCTE, que foi abordada no Capítulo 3.1.1 deste documento. Devido a essa função, é de esperar que a utilização deste programa compense, em economia de tempo, a diminuição da qualidade da simulação em relação ao Designbuilder.

Na figura seguinte, apresenta-se o ambiente gráfico do programa na parte do RCCTE, que mostra a área onde se introduzem todas as características de envolvente opaca e transparente, as quais, mais tarde, servirão para o cálculo automático do IEE da fração.

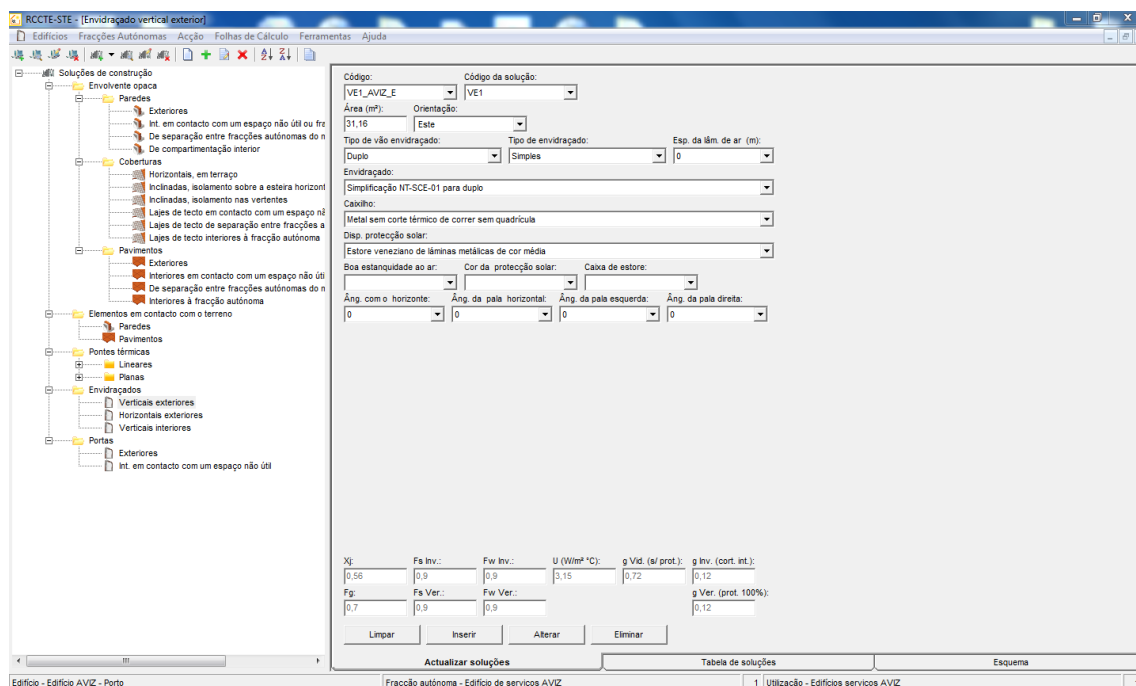


Figura 4.5 - Introdução de dados no RCCTE-STE 3.6.

O próprio RSECE faz referência ao *software* no anexo VIII - “Métodos de previsão de consumo de energia”, onde refere que este programa deve ser utilizado “*Nos caso em que seja admissível o recurso a metodologias simplificadas de previsão de consumos de energia, [...] baseada no modelo monozona*”.

Este programa foi desenvolvido pelo INETI especialmente para aplicação em pequenos edifícios de serviços (pela sua características monozona), e carece de informação comparativa sobre outros *softwares* pois possui um método de cálculo singular. Por essa mesma particularidade, fez-se questão de utilizá-lo de modo a verificar a sua integridade, maneabilidade e resultados finais. No entanto, coloca-se um ponto de interrogação quanto à sua qualidade de resultados, já que este programa não obedece a nenhuma norma internacional como a ASHRAE - é um programa específico para o caso nacional, logo apenas aceite em território português.

4.3 - Caso de Estudo 1 - Edifício Superfície Comercial

Este edifício é uma superfície comercial situada na zona de Setúbal, que possui uma área de venda ao público (1.367,2 m²), um parque de estacionamento (1.412 m²) e várias zonas de apoio ao funcionamento da loja (299,2 m²), perfazendo 3.078,3 m² de área total. A fachada principal está orientada para norte e é delimitada a oeste e a sudoeste por outra loja. Em termos de sombreamento, é necessário salientar que existe um bloco de apartamentos a oeste, também, que está visível na Figura 4.6.

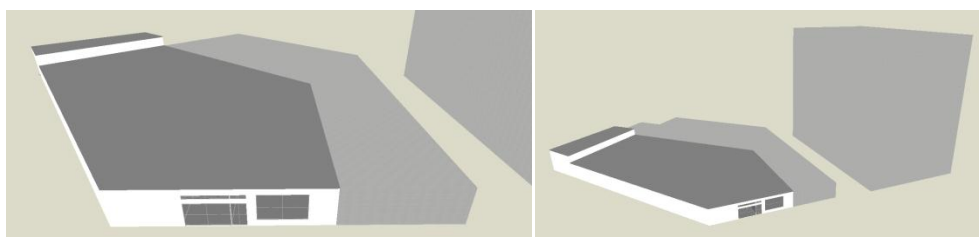


Figura 4.6 - Simulação da superfície comercial.

4.3.1. Pressupostos

O modelo da simulação foi elaborado recorrendo a medições efetuadas no local e desenhado recorrendo à planta 2D em *AutoCAD*. Após criado o modelo com as dimensões apropriadas, é necessário inserir todos os perfis de acordo com cada tipologia, a densidade de iluminação por zona, ativar o AVAC nas devidas zonas com os respetivos caudais nominais, e utilizar os coeficientes de transmissão térmica da envolvente.

De modo a poder classificar o edifício, procedeu-se à elaboração de uma simulação nominal do edifício, precedida de uma auditoria às instalações de modo a efetuar o levantamento das propriedades do edifício, nomeadamente quanto à sua ocupação,

iluminação, sistemas AVAC, medições, etc. As tipologias consideradas para a simulação foram as da tabela abaixo, onde se encontram também as densidades de iluminação ponderadas por cada tipologia.

Tabela 4.3 - Distribuição da área total de 3.078,4 m², por tipologia descrita no anexo XV.

<i>Descrição</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Densidade de Il. (W/m²)</i>
Área de vendas	1.367,2	Supermercados	41,87
Parque de estacionamento	1.412	Estacionamento 10 a 12h/dia (todos os dias)	3,03
Zonas de apoio	299,2	Armazéns 9h/dia (todos os dias)	12,44

Os perfis nominais foram obtidos do anexo XV do RSECE, onde se podem obter também informações quanto à ocupação e à densidade de equipamento nominal, descritos na seguinte tabela.

Tabela 4.4 - Pressupostos nominais utilizados para a classificação energética do edifício.

<i>Descrição</i>	<i>Equipamento (W/m²)</i>	<i>Ventilação (W/m²)</i>	<i>Horas de funcionamento</i>
Supermercados	9	-	Variável
Supermercados - Equipamento frio	6	8	6.280
Parque de Estacionamento	2	8	4.380
Armazéns	5	8	3.285
Il. Exterior	-	-	5.400

Além da iluminação, é necessário inserir na simulação os equipamentos e a ocupação nominal, de modo a efetuar um cálculo dinâmico destes valores para o ano inteiro. Quanto aos valores com perfis constantes, serão calculados à parte e inseridos numa folha de cálculo específica para o cálculo do IEE [78]. Ou seja, como já tinha sido referido, existe uma grande parte de cálculos que são independentes da simulação, pois só dependem da área da tipologia em si. Com os dados apresentados, já pode ser calculada uma parte dos consumos nominais, que se apresentam na tabela seguinte.

Tabela 4.5 - Consumos anuais referentes aos perfis constantes da tabela anterior.

Tipo de consumo	Consumo	
	[kWh/ano]	[kgep/ano]
Tipologia Supermercados		
Iluminação		
Equipamentos		
Equipamentos de refrigeração	51.515,72	14.939,56
Ventilação	11,540,05	3.346,61
Arrefecimento		
Aquecimento		
Tipologia Armazém	25.001,76	7.250,51
Iluminação	12.225,70	3.545,45
Equipamentos	4.913,87	1.425,02
Ventilação	7.862,19	2.280,03
Tipologia Estacionamento	80.582,53	23.368,93
Iluminação	18.738,69	5.434,22
Equipamentos	12.368,77	3.586,94
Ventilação	49.475,08	14.347,77
Outros		
Iluminação Exterior	13.365,00	3.875,85
Monta-cargas	504,00	146,16

A classificação energética irá depender agora dos valores gerados pela simulação, que serão inseridos na folha de cálculo do IEE, e assim obter a classificação energética do edifício.

Por último, é descrita toda a envolvente do edifício, usando como principal característica o valor do seu coeficiente de transmissão térmica.

Tabela 4.6 - Valores utilizados para as soluções construtivas

Descrição	Abreviatura	U (W/m ² .°C)
Parede Exterior	PE1	1,3
Cobertura	COBE	3,8
Pavimento	PAVI	2,97
Paredes em Contacto c/ loja	PI5	1,35
Paredes interiores	PI1	1,98
	PI2	2,28
Envidraçados	VE	5,92

De modo a permitir classificar o edifício, é necessário calcular o IEE nominal ponderado, tendo em conta todas as áreas que o constituem. Consultando a tabela do anexo XI do RSECE, obtêm-se os valores para cada tipologia, o que nos permite calcular o valor final a considerar,

que é o ponderado de todas as tipologias envolvidas. O fator S pode ser obtido recorrendo ao anexo IV do Despacho 10250, referente a Modelos dos Certificados.

Tabela 4.7 - Valores ponderados necessários para obter a classificação do edifício.

Tipologia	Área (m2)	IEE	S
Supermercados	1.367,2	70	30
Estacionamento mais de 10h/dia	1.412	19	6
Armazéns 9h/dia	299,2	19	7
TOTAL Ponderado		41,65	16,75

O valor do IEE total ponderado foi obtido com recurso à seguinte fórmula:

$$IEE_{ponderado} = \sum_i A_i \times IEE_i \quad (4.1)$$

sendo A_i a área e o IEE_i os valores de cada tipologia que constitui o edifício. Para o fator S a fórmula é a mesma, sendo necessário substituir apenas o IEE por S.

Tabela 4.8 - Valores limites por classificação para o caso em análise.

Classe Energética	Fórmula	IEEmáx
A+	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,75.S$	29,09
A	$IEE_{ref} - 0,75.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,50.S$	33,27
B	$IEE_{ref} - 0,50.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,25.S$	37,46
B-	$IEE_{ref} - 0,25.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref}$	41,65
C	$IEE_{ref} < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 0,50.S$	50,02
D	$IEE_{ref} + 0,50.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,00.S$	58,40
E	$IEE_{ref} + 1,00.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,50.S$	66,77
F	$IEE_{ref} + 1,50.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 2,00.S$	75,15
G	$IEE_{ref} + 2,00.S < IEE_{nom}$	∞

4.3.2. A Simulação Nominal

Correndo a simulação nominal deste edifício, obtiveram-se os seguintes resultados:

Tabela 4.9 - Consumos obtidos da simulação nominal.

Descrição	Energia (kWh)
Iluminação Interior	318.733
Equipamento	52.760
Arrefecimento por Chiller	98.490
Aquecimento	8.757
Ventilação	11.540

Conjugando todos estes dados com os obtidos na Tabela 4.5, podemos então obter a classificação do edifício:

Tabela 4.10 - Classificação energética do edifício no âmbito do RSECE.

IEE _{nominal}	IEE _{ref}	Classificação Energética
51,05	41,65	D

Do valor total do IEE, a iluminação representa sensivelmente 67%, pelo que é fator mais importante a reduzir de modo a obter melhorias significativas. Dos dados obtidos na simulação, podem-se tirar desde já várias conclusões sobre como se poderá melhorar a classificação deste edifício:

- Reduzindo o valor consumido pela iluminação ir-se-á contribuir não só para a redução da energia de iluminação, como também reduzirá o aquecimento interno, que, por sua vez, reduzirá a carga adstrita ao arrefecimento;
- Sendo a carga AVAC maioritariamente arrefecimento, reduzir a absorção de energia solar permitirá uma redução desse consumo;
- Aumentar o isolamento nas paredes não trará grandes benefícios visto que a redução na carga de aquecimento será, em valor bruto, insuficiente para contrariar o aumento da carga de arrefecimento;
- Já na cobertura, que é a zona em que incide maior energia solar, a diminuição da sua transmissividade térmica poderá ser benéfica para diminuir o calor interno (Tabela 3.11).

De modo a verificar a veracidade destas afirmações, vai-se determinar qual será, de facto, o melhor modo de aumentar a classificação energética, através de alterações à simulação, que permitam reproduzir esses fatores.

4.3.3. Aplicação de Melhorias

4.3.3.1. Iluminação

Existem duas maneiras de atuar sobre a carga inerente a este componente: otimizando o equipamento existente ou otimizando a sua utilização. A segunda opção pode ser feita de

diferentes modos: com reguladores de fluxo, instalando o Solartube [ver capítulo 3.3.1.1] ou utilizando ambos em paralelo. De qualquer modo, sempre que se pretende efetuar alterações nessa área, é importante garantir que a mudança não prejudique a quantidade de iluminação interior, pelo que vamos ter como base os valores da Tabela 3.9. O valor real da iluminação existente foi obtido recorrendo à seguinte fórmula:

$$E_m = \frac{n_{lâmpadas} \times Lumen_{lâmpada}}{A_p} = \frac{431 \times 2 \times 3500}{1367} \times 0,75 = 1655 \text{ lux} \quad (4.2)$$

De salientar a utilização de um fator de 0,75 por serem luminárias com algum nível de desgaste, pelo que o seu rendimento será diminuído por forma a garantir o cálculo na situação mais desfavorável. Este valor calculado é mais do que o dobro do recomendado para os supermercados (750 lux) [Tabela 3.9], pelo que se pode regular a sua utilização utilizando reguladores de fluxo, otimizados para manter a iluminância num nível mais próximo do ideal, reduzindo significativamente a carga para sensivelmente metade. De modo a representar o funcionamento desse sistema na simulação, o valor da potência de iluminação instalada nas zonas afetadas pelo regulador será reduzido para metade. Este método, apesar de ser pouco ortodoxo, é permitido pelo RSECE, pois nas Perguntas & Respostas do RSECE Energia encontra-se o seguinte esclarecimento: “*Como não é possível alterar o perfil de utilização diária, [...] deve-se calcular um valor médio ponderado para a potência de iluminação, contabilizando a contribuição do controlo ao longo do ano [...]*”. Assim, justifica-se esta alteração e, procedendo à alteração dos valores na simulação, obtém-se:

Tabela 4.11 - Valores simulados utilizando reguladores de fluxo.

Descrição	Energia (kWh)	Variação
Iluminação Interior	166.060	-47,90 %
Arrefecimento por Chiller	78.670	-20,12 %
Aquecimento	11.400	30,18%

A classificação melhora significativamente, como se pode ver:

IEE _{nominal}	IEE _{ref}	Classificação Energética
35,99	41,65	B

No entanto, a potência adstrita à iluminação ainda pode ser melhorada recorrendo a um maior aproveitamento de luz natural. Devido à inexistência de aberturas que permitam a entrada de luz solar, vai-se proceder à simulação de existência de SolarTubes na cobertura do edifício, que significa que o edifício passa a ser dotado de iluminação natural por toda a sua área. De modo a simular este dispositivo, proceder-se-á à colocação de envidraçados no teto,

que permitam a entrada de luz solar, e a uma da regulação da iluminação por 3 níveis (0, 50 e 100%), de forma a simular a diminuição da iluminação artificial no espaço.

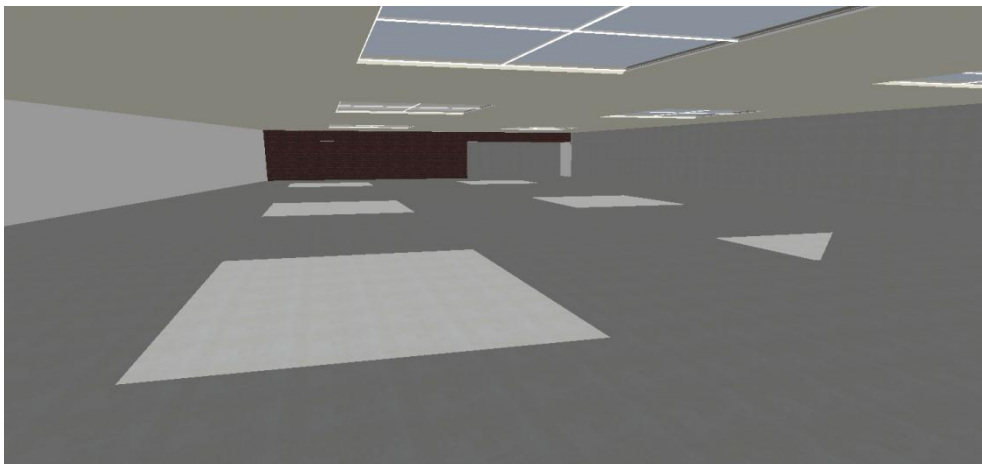


Figura 4.7 - Imagem da incidência da luz solar no espaço interior, retirada do DesignBuilder.

Os resultados desta simulação são:

Descrição	Energia (kWh)	Variação
Iluminação Interior	146.810	-53,94 %
Arrefecimento por Chiller	72.670	-26,22 %
Aquecimento	11.690	33,49 %

A classificação obtida é a seguinte:

IEE _{nominal}	IEE _{ref}	Classificação Energética
33,92	41,65	B

O resultado ótimo deste caso reside na conjugação dos dois fatores, o que permite uma redução notável:

Descrição	Energia (kWh)	Variação
Iluminação Interior	68.472	-78,52 %
Arrefecimento por Chiller	66.020	-32,97 %
Aquecimento	17.051	94,71 %

Perante esta redução tão drástica, a melhoria na classificação também é notória:

IEE _{nominal}	IEE _{ref}	Classificação Energética
26,68	41,65	A+

Os dados representados coincidem com os esperados já que a redução na iluminação fará diminuir em grande quantidade o calor interno produzido, que, por sua vez, faz diminuir a necessidade de arrefecer o seu interior. No entanto, pelas mesmas razões apresentadas, o consumo de aquecimento vai quase duplicar, no entanto, como se trata de uma parcela pequena, o valor bruto deste agravamento é bastante inferior aos benefícios obtidos, em ambas as experiências.

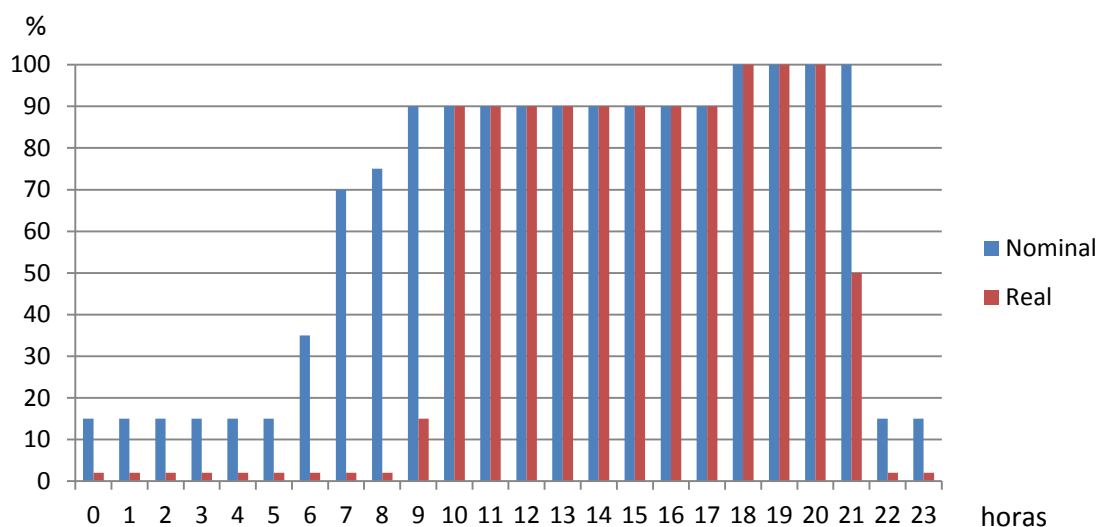


Figura 4.8 - Comparação entre perfis nominais e reais. [38]

Para efeitos de obtenção de um período de retorno de investimento, só será considerada a redução da iluminação, já que não há garantias que o comportamento do consumo AVAC simulado se verificará na mesma proporção na realidade. Comparando ambos os perfis, determinou-se que o perfil real corresponde a 73% da utilização no perfil nominal, pelo que possuímos todos os dados necessários ao cálculo da economia real:

$$Poupança (kWh) = 0,73 \times 318.733 \times 0,78 = 181.486,6 kWh$$

De modo a quantificar o preço da energia evitada, vai ser considerado um preço médio de 0,130€/kWh:

$$Poupança (€) = 181.486 \times 0,13 = 23.593 €$$

Como se pode constatar, as alterações na iluminação não só permitem grandes aumentos na utilização racional de energia, como ainda permitem reduções substanciais na diminuição da fatura energética. Assim, a intervenção na iluminação de edifícios com grandes densidades e em funcionamento muitas horas por ano são de carácter obrigatório, pois é uma área com enormes possibilidades de obtenção de vantagens para o SCE, para a ESCo e para o cliente.

4.3.3.2. Cobertura

De modo a melhorar a performance energética, vai ser simulada a colocação de 5 centímetros de lã mineral (MW) por dentro e por fora do edifício, que fará diminuir o coeficiente de transmissão térmica U da cobertura de 3,8 para 0,591. Os resultados da simulação são os seguintes:

Tabela 4.12 - Dados de simulação referentes à aplicação de 5 cm de Mineral Wool (MW).

Descrição	5 cm MW por Fora		5 cm de MW por dentro	
	Energia (kWh)	Variação	Energia (kWh)	Variação
Arrefecimento por Chiller	68580	-30,37 %	70.620	-28,30 %
Aquecimento	2.940	-66,43 %	2.820	-67,80 %

Tabela 4.13 - Classificação que se obtém com os dados da tabela anterior.

5 cm MW por Fora			5 cm de MW por dentro		
IEE _{nominal}	IEE _{ref}	Classificação Energética	IEE _{nominal}	IEE _{ref}	Classificação Energética
49,18	41,65	C	49,27	41,65	C

Pode-se conjecturar que atuar na cobertura permite uma grande diminuição na carga energética, pelo que se torna uma medida de caráter obrigatório no caso de edifícios em fase de projeto. A sua viabilidade em caso real já será mais difícil de obter - a redução de consumo poderá não ser suficiente para justificar o investimento já que depende maioritariamente do consumo de AVAC e da área de aplicação. Também se pode constatar que o programa é sensível à aplicação do isolamento por fora ou por dentro: ao colocar isolamento térmico pelo interior, a diminuição da inércia térmica do edifício torna o caso menos vantajoso em relação à sua aplicação por fora. A principal razão para a redução tão significativa da carga de arrefecimento é a redução da absorção da radiação solar pela superfície horizontal, que é, segundo a tabela do RSECE, a envolvente que mais energia absorve.

Outra razão para conseguir resultados tão notáveis é a ausência de outros pisos climatizados - a redução afeta diretamente a climatização naquela área. Se o edifício fosse constituído por 2 pisos climatizados, a alteração só iria afetar consideravelmente o piso superior e, por isso, 50% da energia de climatização. Em suma, pode-se concluir que quanto mais pisos tiver o edifício, menos impacto terá esta alteração. No entanto é de boa prática o bom isolamento da cobertura do edifício, em qualquer caso.

4.3.3.3. Pavimento

O pavimento não será uma zona de grande importância, porque as únicas alterações a que ele está sujeito termicamente é a trocas de calor mediante a diferença de temperaturas, o que fará com que ganhos na fase de arrefecimento se traduzam em perdas na fase de aquecimento, ou vice-versa. No entanto, a título de curiosidade, foi efetuada a simulação do edifício, só para constatar esse facto. Os valores obtidos estão escritos na tabela seguinte, e o método utilizado foi a colocação de isolamento pelo exterior, ou seja, colocado pela parede do parque de estacionamento.

Tabela 4.14 - Dados referentes à simulação do edifício com isolante no pavimento.

Descrição	5 cm de XPS pelo exterior	
	Energia (kWh)	Variação
Arrefecimento por Chiller	99.070	0,59 %
Aquecimento	8.290	-5,33 %

Tabela 4.15 - Classificação obtida com os dados da tabela anterior.

IEE _{nominal}	IEE _{ref}	Classificação Energética
51,07	41,65	D

Como era de esperar, esta melhoria não traz benefícios suficientemente notórios para a performance energética do edifício. A sua aplicação é bastante complexa, pelo que é uma medida a evitar em existentes, que eventualmente se justificará no caso de projetos de edifícios novos. A grande vantagem desta aplicação é a redução das perdas durante a estação de aquecimento, que em caso de edifícios de serviços poderá geralmente não representar grandes vantagens. Pode ainda ser vantajosa a aplicação de isolamento em pavimento entre espaços que estejam sujeitos a temperaturas térmicas diferentes: quanto maior a diferença de temperaturas, mais volumosa será a melhoria.

4.3.3.4. Climatização

Nesta área, existem algumas ações que poderão proporcionar alguma melhoria de performance: utilização de recuperadores de calor, *free-cooling*, variação de set-points e dos rendimentos COP's e EER's do equipamento [ver Capítulo 3.3.1.4]. Como já referido anteriormente, as melhorias nesta área geralmente não são viáveis - qualquer alteração neste equipamento representa grandes investimentos iniciais e pequenos retornos financeiros - pelo que só quando o QAI estiver ameaçado é que se pode justificar a sua alteração.

A utilização de recuperadores de calor não se justificará neste caso, visto ser um estabelecimento que, como já pudemos constatar na simulação inicial, vai ter a maioria da carga de AVAC adstrita ao arrefecimento. Em relação ao *free-cooling*, seria de esperar que a implementação na simulação deste equipamento permitisse uma diminuição substancial do consumo de arrefecimento, mas isso não foi observável experimentalmente, pelo que fica aqui a nota sobre a operabilidade desta tecnologia em simulações criadas pelo DesignBuilder.

Já no caso do COP e EER, já foi mencionado que a alteração ao equipamento não é viável, no entanto podemos fazer uma comparação entre a utilização de um equipamento mais ou menos eficiente. A carga térmica, calculada pelo programa, que é necessária produzir para este edifício encontra-se no campo “*Total cooling/heating loads*”, e o consumo AVAC será equivalente à divisão do COP/EER por essas mesmas cargas. As cargas térmicas calculadas pelo DesignBuilder foram as seguintes:

Tabela 4.16 - Cargas térmicas obtidas da simulação nominal.

Descrição	Energia (kWh)
Carga térmica de arrefecimento	270.850
Carga térmica de aquecimento	27.100

Os valores de COP's e EER's mais comuns dos equipamentos AVAC situam-se entre 2 e 4, pelo que podemos verificar graficamente na Figura 4.9 o ganho que permite a escolha de equipamento mais eficiente. Podemos verificar que, com a utilização de equipamento menos eficiente ($EER < 3$), o aumento pode ser grande: de 2 para 3 diminui-se em um terço a energia anual de arrefecimento.

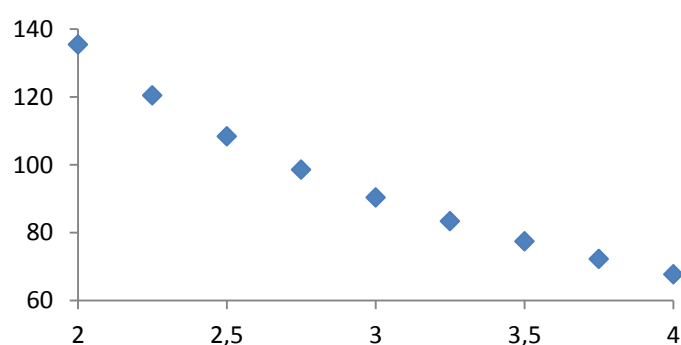


Figura 4.9 - Variação do consumo anual, em kWh, com o EER do equipamento AVAC.

Tabela 4.17 - Cálculo das variações que o EER permite, tanto na carga de arrefecimento como no IEE.

COP	2,00	2,25	2,5	2,75	3,00	3,25	3,5	3,75
Carga de Arref.	135,43	120,38	108,34	98,49	90,28	83,34	77,39	72,23
Variação	37,5%	22,2%	10,0%	-	-8,3%	-15,3%	-21,4%	-26,7%
IEE	52,79	52,08	51,51	51,05	50,66	50,33	50,05	49,81
Variação	3,4%	2,0%	0,9%	-	0,8%	1,4%	1,9%	2,45%

Já em relação a equipamentos mais eficiente ($EER > 3$), a diferença entre eles vai sendo cada vez menos notória, como se pode ver na tabela. Ou seja, o principal objetivo deverá ser garantir um mínimo exigível, mas colocar equipamento com EER's muito elevados ($> 3,5$) envolve grandes investimentos que poderão não justificar a sua escolha em detrimento de máquinas um pouco menos eficientes.

Por último, existe a questão do set-point. Foram elaboradas várias simulações, com variações de meio grau em torno da temperatura imposta pelo RSECE ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$), cujos resultados estão apresentados na seguinte tabela.

Tabela 4.18 - Variação de consumos de arrefecimento com a variação do set-point do equipamento.

Temperatura	Carga arrefecimento (kWh)	Variação	IEE	Variação
24,0 °C	112.990	14,72%	51,73	1,33%
24,5 °C	105.610	7,23%	51,38	0,65%
25,0 °C	98.490	-	51,05	-
25,5 °C	91.620	-6,98%	50,72	-0,65%
26,0 °C	84.990	-13,71%	50,41	-1,25%

Estes resultados permitem concluir que variações de meio grau no set-point do equipamento instalado no estabelecimento podem representar variações de 7% na fatura anual, que, por sua vez, influenciam em 0,65% o valor do IEE nominal. Sendo esta modificação de custo nulo, é uma área de intervenção bastante importante pois a sua regulação permitirá retornos instantâneos. No entanto é preciso ter sempre em atenção o conforto dos ocupantes do edifício. Uma variação demasiado grande em torno dos valores de 20 e $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ que a legislação recomenda torna mais provável a ocorrência da sensação de frio/calor incómodo, pelo que, salvo casos devidamente testados, devem ser utilizados estes valores como referência.

4.3.3.5. Paredes Exteriores

Para esta análise, foi simulada a colocação de uma camada isolante de 5 cm de XPS pelo exterior, que fez passar o coeficiente de transmissão térmica U de 1,3 para 0,41. Por simplificação, foram consideradas todas as paredes exteriores iguais, ou seja, todas passaram a ter um U de 0,41. Os resultados obtidos foram os seguintes:

Descrição	Energia (kWh)	Variação
Arrefecimento por Chiller	98.310	-0,18 %
Aquecimento	8.070	-3,24 %

IEEnominal	IEEref	Classificação Energética
51,04	41,65	D

Como se pode constatar, a utilização de soluções construtivas mais isolantes não irão trazer grandes benefícios ao edifício. Mesmo assim, existe um ganho associado no arrefecimento, que se deve ao aumento da inércia térmica do edifício: o aumento da inércia traz maiores fatores de utilização dos ganhos úteis, e que compensa o comportamento negativo relativo ao aumento do isolamento da parede. Por isso, a solução ideal neste caso seria uma parede com isolamento exterior, mas com baixo U, que poderia ser obtido, por exemplo, com espessuras de parede reduzidas.

4.3.3.6. Paredes Interiores

Para a verificação do peso desta componente, apenas foi aumentado o U da parede interior, representando a escolha de uma solução construtiva que permita melhor comportamento térmico. Todas as paredes interiores foram consideradas tendo um U de 1. Os resultados obtidos foram os seguintes:

Descrição	Energia (kWh)	Variação
Arrefecimento por Chiller	99.450	0,97 %
Aquecimento	8.290	-0,60 %

IEEnominal	IEEref	Classificação Energética
51,09	41,65	D

Verifica-se que esta componente também não tem um peso minimamente considerável na classificação final. Considerando que algumas paredes são responsáveis por algumas transmissões térmicas (as que a ligam a outra loja), é natural que a diminuição do seu U piore o consumo de energia de aquecimento, já que estas paredes só consideram trocas por temperaturas e não incidências solares. Tal como as paredes exteriores, não são uma boa área de melhoria e, mesmo em projeto, não existe grande justificação em colocar paredes interiores com grandes capacidades isolantes. De salientar que, de entre todos os casos, a alteração das paredes interiores piorou a classificação final do edifício, o que deixa grandes dúvidas quanto à sua real importância na performance térmica de alguns edifícios.

4.3.4. Conclusões

A Tabela 4.19 apresenta o resumo das simulações realizadas sobre o edifício original. Em suma, para tornar este edifício dentro dos limites especificados para edifícios novos, basta que o RSECE exija um maior controlo e exigência no campo da iluminação. Neste caso, a grande exigência em relação à sua envolvente pode até prejudicar a sua performance, como se pode ver pelas classificações - a criação de critérios mediante o tipo de cada parede é indispensável, pois um aumento do isolamento de todas as paredes (e por conseguinte do seu U) não traz benefícios, como seriam de esperar.

Este edifício é um caso especial por possuir um sobredimensionamento de iluminação, no entanto não é um caso assim tão único e tão isolado, pelo que é imperativo um maior controlo da energia gasta em iluminação nos edifícios, ao abrigo do RSECE.

Tabela 4.19 - Resumo das experiências realizadas.

<i>Estado</i>	<i>IEE</i>	<i>Classificação</i>
Original	51,05	D
Regulador de fluxo	35,99	B
Solartube	26,68	A+
Cobertura	49,18	C
Pavimento	51,07	D
Paredes Exteriores	51,04	D
Paredes Interiores	51,09	D

Uma nota final para a influência dos equipamentos na avaliação do estabelecimento: o perfil estático dita 9 W/m^2 , o que dá um total de 12,2 kW de potência instalada e mais 6 W/m^2 de equipamento de frios, perfazendo 8,2 kW, tendo assim a área total uma potência instalada de 20,4 kW. Sendo esta superfície um estabelecimento de venda a retalho de roupa, artigos para casa e escolares, entre outros, é curioso o facto de mais de metade dos 20,4 kW estarem em constante uso. Contudo, a chamada de atenção não vai para esses valores em concreto, pois sendo o objetivo da certificação comparar edifícios, é plausível a atribuição de potências semelhantes para todos. Já a simples interpretação da legislação poderá dar valores bastante diferentes, senão vejamos: olhando para as opções oferecidas pelo RSECE, estará esta loja, de venda a retalho, de 1.367 m², mais próxima de um supermercado, um estabelecimento de venda por grosso ou uma pequena loja? Durante este processo, optou-se pela tipologia supermercados, mas é bastante discutível se foi a melhor opção ou não. Ou melhor, é ainda mais discutível se neste caso exista algo denominado como “opção correta”. Caso se tivesse optado pela tipologia “pequena loja” (que já não possui equipamentos de

frio), só esta decisão baixaria o consumo de equipamento de 104 MWh para 18,4 MWh, sem fazer uma única alteração ao equipamento que se encontra no interior.

$$P_{equipamentos,peq.lojas} = 0,358 \times 24 \times 313 \times 5 \times 1367,2 = 18,4 \text{ MWh} \quad (4.3)$$

$$P_{equipamentos,supermercados} = 0,483 \times 24 \times 365 \times (9 + 5) \times 1367,2 = 104 \text{ MWh} \quad (4.4)$$

sendo as constituintes da fórmula, respetivamente, a percentagem diária de utilização do equipamento, as horas do dia, o número de dias do ano, a potência considerada e a área de supermercado, todos referentes a perfis nominais.

A título de curiosidade, foi efetuada a classificação energética do estabelecimento como uma pequena loja, e os resultados são surpreendentes.

Tabela 4.20 - Comparação do mesmo edifício com diferentes tipologias aplicadas.

Perfil	IEE _{nominal}	IEE _{ref}	Classificação Energética
Supermercado	51,05	41,65	D
Pequena Loja	28,48	26,11	C

Com a alteração, não só a classificação melhorou significativamente, como o edifício passou de apenas ter de diminuir o seu consumo em 2,37 kgep/(m².ano) para obter uma classificação de B-, enquanto antes esse valor era de 9,4 kgep/(m².ano).

Existe ainda a questão de que, acidentalmente, foram verificadas discrepâncias de valores na mesma simulação, mas realizada em versões diferentes do programa. As tabelas seguintes representam a diferença de valores obtidos.

Tabela 4.21 - Diferença de consumos nominais utilizando versões diferentes do mesmo programa.

Descrição	Energia (kWh)	Variação
Arrefecimento por Chiller	104.630	6,23 %
Aquecimento	6.910	-17,15 %

Tabela 4.22 - Classificação referente à tabela anterior.

Perfil	IEE _{nominal}	IEE _{ref}	Classificação Energética
2.3.2.005	51,05	41,65	D
2.3.5.036	51,21	41,65	D

Apesar de as diferenças não resultarem em grandes variações de IEE, é de salientar que a diferença é bastante grande, visto tratar-se da mesma simulação em versões não muito distantes do mesmo *software*, e onde se considera apenas uma zona climatizada.

4.4 - Caso de Estudo 2 - Fração de Escritórios Existente

Trata-se de uma fração presente no 3º piso de um edifício de escritórios e habitação, que foi convertido para escritório, possuindo uma área total de 404,7 m². A sua área é inferior à necessária para classificação no âmbito do RSECE, no entanto este possui uma potência térmica de climatização superior a 25 kW, o que lhe confere a classificação de Pequeno Edifício de Serviços com Climatização, e, assim sendo, está sujeito ao RSECE. A Figura 4.10 mostra a planta do edifício, onde a envolvente exterior é constituída maioritariamente por envidraçados em contacto com o exterior. O resto das paredes, pavimentos e cobertura, encontram-se em contacto com edifícios adjacentes ou com outras frações do mesmo edifício. A rosa encontram-se áreas não úteis, sendo a do centro as zonas de acesso, e, no canto superior direito, a sala técnica onde se encontra o equipamento AVAC.

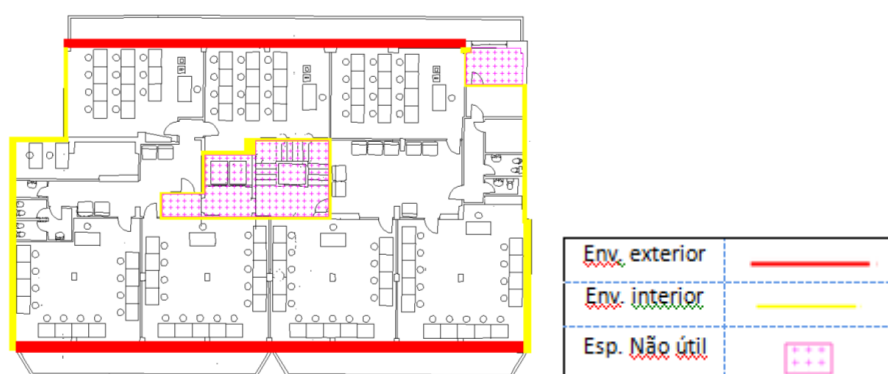


Figura 4.10 - Planta da fração autónoma de Escritório a avaliar.

4.4.1. Pressupostos

Sendo este edifício constituído por uma tipologia única, vai ser elaborada uma simulação monozona através do software RCCTE-STE, por uma questão de simplificação. A tipologia considerada para a área total será de Escritórios, com uma densidade de ocupação nominal de 15 m²/ocupante. A densidade de iluminação levantada foi a que se encontra na tabela seguinte, a qual nos leva à seguinte densidade de iluminação:

Tabela 4.23 - Resultado do levantamento da potência de iluminação instalada.

Tipo de lâmpada	Potência [W]	Nº de Armaduras
Fluorescente tubular	9.066	88
Incandescente	320	6
Potência Total [W]:	9.386	94

Dividindo toda a potência instalada pela área útil, obtemos uma densidade de iluminação de $23,19 \text{ W/m}^2$, valor que será considerado no cálculo da iluminação final. A densidade de equipamento considerada está tabelada no RSECE (anexo XV) e é de 15 W/m^2 . Foi identificada ainda a presença de bombas e ventiladores, que foram considerados de 1,1 kW e de 1,52 kW, respetivamente, com 2.200 horas de funcionamento, que corresponde ao perfil de ocupação nominal desta tipologia.

O coeficiente de transmissão térmica da envolvente considerada neste edifício está representado na tabela seguinte:

Tabela 4.24 - Envolvente utilizada para a simulação nominal deste edifício.

Nome	Descrição	U ($\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)
Parede Exterior	PE	1,17
Parede Interior	PI1	1,57
Parede Exterior	PI2	2,52
Cobertura Interior	COBI	2,25
Pavimento Interior	PAVI	2,21
Vidro com Proteção Solar	VE1	6,5
Vidro sem Proteção Solar	VE2	6,5

De modo a permitir classificar o edifício, é necessário consultar a tabela do anexo XI do RSECE, para obter os valores para a tipologia “Escritório”, e o anexo IV do Despacho 10250, para obter o S, e, assim, poder verificar a classificação final mediante a seguinte tabela. Os valores a utilizar para o IEE_{ref} e S são, respetivamente, 35 e 15.

Tabela 4.25 - Escala classificativa do imóvel em estudo.

Classe Energética	Fórmula	IEEmáx
A+	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,75.S$	23,75
A	$IEE_{ref} - 0,75.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,50.S$	27,5
B	$IEE_{ref} - 0,50.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,25.S$	31,25
B-	$IEE_{ref} - 0,25.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref}$	35
C	$IEE_{ref} < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 0,50.S$	42,5
D	$IEE_{ref} + 0,50.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,00.S$	50
E	$IEE_{ref} + 1,00.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,50.S$	57,5
F	$IEE_{ref} + 1,50.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 2,00.S$	65
G	$IEE_{ref} + 2,00.S < IEE_{nom}$	∞

Estão agora reunidas todas as condições para proceder à simulação nominal do edifício, com vista a obter a sua classificação.

4.4.2. A Simulação Nominal

Procedeu-se à simulação nominal do edifício com o *software* RCCTE-STE 3.6 e obtiveram-se os seguintes resultados:

Tabela 4.26 - Resultado da simulação nominal no *software* RCCTE-STE 3.6.

Carga	Consumo [kWh/ano]	IEE [kgep/m ² .ano]
Aquecimento	5.722	4,1
Arrefecimento	2.512	1,8
Iluminação	26.933	19,3
Equipamento	20.793	14,9
Equip. Ventilação	5.722	4,1
TOTAL	61.682	44

A classificação deste imóvel, de acordo com a Tabela 4.25, é D, como se pode ver na seguinte tabela:

Tabela 4.27 - Classificação da fração de escritórios.

IEEnominal	IEEref	Classificação Energética
44,0	35	D

Posto isto, vamos passar a analisar quais as melhores áreas para atuação no âmbito da melhoria desta classificação, tendo como base a alteração dos critérios inseridos na simulação inicial.

4.4.3. Aplicação de Melhorias

Sendo este imóvel uma fração de um edifício, não é possível efetuar grandes alterações a nível de envolvente. Atentando aos resultados obtidos da simulação, podemos ver que edifício sofre de um défice de aquecimento natural, pelo que iremos estudar a possibilidade de melhoria do isolamento dos envidraçados, ao mesmo tempo que se otimiza o fator solar, permitindo assim obter um aquecimento interior proveniente da energia solar. Também vamos estudar a diminuição do consumo adstrito à iluminação, já que é de 19,3 kgep/m².ano (- 43,8% do IEE_{nominal} calculado).

4.4.3.1. Iluminação

Mais uma vez, suspeita-se que exista um sobredimensionamento da iluminação necessária para o espaço em questão, pelo que se vai verificar os valores que se encontram instalados. A potência média de lâmpadas que se encontra instalada é de 29 W e encontram-se 323 lâmpadas fluorescentes instaladas por toda a fração. Considera-se um valor bastante baixo de lúmens para estas lâmpadas - 1500 lúmen por lâmpada.

Calculando a densidade de iluminação:

$$E_m = 1500 \times \frac{323}{404,7} = 1197,2 \text{ lux} \quad (4.5)$$

verifica-se que, efetivamente, o valor da iluminação instalado é novamente mais do dobro do valor recomendado da Tabela 3.9, pelo que se confirma o sobredimensionamento, principalmente se considerarmos que o edifício possui uma grande área de envidraçados que permite o aproveitamento da luz natural. A razão deste sobredimensionamento também se deve à utilização de luminárias inseridas em tetos falsos, como as da Figura 4.11, que possuem um grau de transparência mais reduzida que o recomendado e que absorvem grande parte da luz emitida.

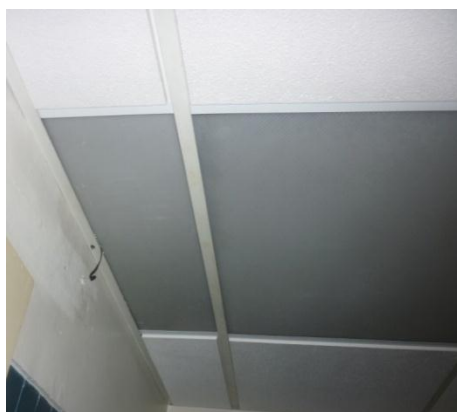


Figura 4.11 - Tipo de luminárias utilizadas na fração de escritórios.

Pelas razões mencionadas, a iluminação pode ser alterada de forma a garantir uma redução da carga adstrita à iluminação, que fará reduzir o consumo anual e também a carga de arrefecimento inerente. Utilizando um regulador de fluxo automático para a iluminação, ao mesmo tempo que se elimina as proteções semi-opacas, maximiza-se a utilização racional de energia de iluminação. O peso na classificação final refletir-se-á através da diminuição da potência instalada de iluminação, que, neste caso, vamos considerar ter passado de 25,51 para 15 W/m². Refazendo a simulação em ambiente STE:

Tabela 4.28 - Consumos obtidos através da simulação RCCTE-STE da fração.

Carga	Consumo (kWh/ano)	IEE (kgep/m ² .ano)
Aquecimento	5.722	5,4
Arrefecimento	2.233	1,6
Iluminação	15.837	11,3
Equipamento	20.793	14,9
Equip. Ventilação	5.722	4,1
TOTAL	50.306	37,3

Tabela 4.29 - Classificação obtida com os consumos da tabela anterior.

IEEnominal	IEEref	Classificação Energética
37,3	35	C

Esta medida permite diminuir a energia de iluminação em 11.096,5 kWh, o que implicitamente aumenta a necessidade de aquecimento, mas a diferença entre antes e pós-simulação é bastante pequena. Esta diminuição permite uma melhoria da classificação, ficando bastante perto do valor limite para novos (B), e também se traduz numa redução substancial na fatura energética.

Devido à fisionomia da fração, não existe a possibilidade de explorar a instalação de Solartube, pelo que a única forma de melhorar a iluminação é atualizando o equipamento existente.

4.4.3.2. Envolvente Transparente

Sendo o edifício constituído maioritariamente por janelas de correr de vidro simples, com caixilharia de alumínio sem corte térmico e sem qualquer dispositivo de proteção solar, é interessante estudar uma melhoria deste componente. Neste caso específico, uma solução interessante e economicamente viável seria a colocação de uma segunda caixilharia interior que permita aumentar o isolamento térmico e acústico do edifício, sem prejudicar muito o aquecimento através da entrada de luz solar. Também é importante estudar a colocação de dispositivos de proteção solar em todos os envidraçados que funcionem no verão, e a escolha pode ser feita recorrendo ao quadro V.4 do RCCTE, onde se encontram vários valores de $g_{100\%}$ para diferentes exemplos de aplicação.



Figura 4.12 - Tipo de envidraçados que constituem a envolvente do edifício.

Após várias simulações, que envolveram passar o U dos vidros de 6,5 para 2,5 e 1,5 e também variar os fatores solares dos vãos envidraçados, não foi possível obter nenhuma melhoria significativa (não melhor que 0,5 kgep/m².ano), ao invés do que seria de esperar. Teoricamente, um bom isolamento dos envidraçados permitiria diminuir substancialmente a carga referente ao aquecimento, já que mais facilmente se mantinha o calor gerado dentro do edifício, e diminuir as perdas para o exterior, o que poderia revelar-se um bom modo de melhoria da classificação. No entanto, tal não foi visível nos resultados.

4.4.4. Conclusões

A escolha da simulação deste edifício teve duas finalidades, que foram atingidas: experimentar simular um edifício com o *software* nacional e demonstrar uma situação curiosa na legislação em vigor.

Em relação ao primeiro ponto, de um modo geral, a experiência foi bastante negativa. Sendo o RCCTE-STE um *software* menos poderoso que o DesignBuilder, seria de esperar que a sua utilização para classificar um edifício de 400 m² fosse simples e rápida. No entanto isso não aconteceu. Os menus não são intuitivos, muitas vezes apareceram erros que forçaram ao encerramento do programa, fazendo perder alterações não gravadas, e os resultados obtidos não foram os esperados. Porém, acima de todas as outras, a pior característica deste programa é a confusão que se gera na alteração às soluções construtivas. Não só nos deparamos com uma lista de TODAS as soluções construtivas geradas para TODAS as simulações realizadas, como, se alterarmos a solução do projeto em que estamos a trabalhar sem criar uma nova, estamos a afetar todos os projetos que utilizem aquela mesma solução construtiva. Este edifício era relativamente pequeno, possuía pouca envolvente, mas, mesmo assim, tornou-se desesperante a sua simulação, pelo que é altamente não recomendável a sua utilização para edifícios complexos. No entanto, em comparação com o DesignBuilder, a sua utilização revelou ser bastante mais rápida e simples para este caso, já que seria necessário desenhar o edifício por inteiro, além de todos os outros que se encontravam em contacto com ele ou que o sombreavam.

O método de cálculo também suscita grandes dúvidas, não só pela razão constatada na envolvente transparente, mas também porque a metodologia de cálculo do RCCTE para as

“necessidades nominais para arrefecimento apresentam um acentuado desfasamento em relação ao espectável.” [70]. A mesma publicação estudava a variação das necessidades nominais obtidas pelo RCCTE, mediante vários níveis de envolvente (de muito má a muito boa) e constatou que, em alguns casos, o rácio entre as necessidades nominais com envolventes muito más e muito boas era inferior a 1, o que indica *“menores consumos de energia para arrefecimento quando a qualidade das soluções construtivas é pior”*. No caso de edifícios residenciais, isso é contrário à realidade, pois, ao contrário do que pode acontecer em edifícios de serviços [ver capítulo 3.3.1.2], *“quanto pior é a solução construtiva da habitação maiores são os ganhos térmicos com origem no ambiente exterior e os devidos à radiação solar direta e, como tal, mais energia é necessário despendar para assegurar condições de conforto térmico”*.

Concluindo, dispondo de melhores alternativas, é sempre recomendável evitar a utilização deste *software*. No entanto, para edifícios simples, sem grandes zoneamentos, tipologias variadas e sem acesso a plantas, pode-se revelar uma solução interessante, não pela sua interatividade ou simplicidade, mas pela economia de tempo. Também joga a seu favor a referência específica que o RSECE lhe faz (é o único *software* citado em todos os Decretos-Lei!), que o torna numa opção com alguma visibilidade e legalmente válida.

Fica apenas o registo que a versão mais recente é a 4.0 e a utilizada foi a 3.6, mas a não existência de nenhuma versão *freeware* ou *trial* impediu testar uma versão mais atual, de modo a verificar se as imprecisões encontradas já foram corrigidas ou, pelo menos, atenuadas.

Quanto à segunda meta, trata-se da questão referente aos equipamentos, que já havia sido mencionada anteriormente que agora foi possível mostrá-la praticamente [ver capítulo 3.3.1.6]. O edifício para certificação era uma fração desocupada e sem equipamentos (exclusive iluminação e AVAC), no entanto esta componente teve um peso de 33% no $IEE_{nominal}$ que classifica o edifício (20.793 kWh/ano), mas ainda maior exclamação produz o facto de que um PES existente não possui nenhum limite ao seu consumo [ver Tabela 3.2]. Assim, o que se verifica neste caso é que não importa a quantidade de equipamento em frações deste tipo (leia-se PES existentes), pois a probabilidade de passarem na certificação é sempre a mesma - e sempre com a mesma classificação. Esta falta de rigor na legislação faz transparecer um sentimento de impunidade em relação a um PES, especialmente se comparados com GES, que possuem ainda a agravante de serem submetidos a auditorias QAI.

Apesar de os objetivos principais terem sido atingidos, ainda há que ressaltar o facto de que a iluminação pareceu novamente ser um elemento simples e interessante de efetuar melhorias - facto esse que foi verificado e confirmado - com a benesse de produzir retornos que suportam a viabilidade económica da medida.

4.5 - Outros edifícios

Apesar de não ter sido efetuado o tratamento detalhado de outros edifícios, existe a necessidade de fazer a referência a outras simulações realizadas, que foram fundamentais para a aprendizagem da utilização da ferramenta DesignBuilder e de todo o seu funcionamento. Por essa razão, seria um pouco injusto omitir alguns edifícios, que, todos juntos, foram responsáveis por mais de 100 horas em simulações nominais utilizando diferentes condições de uso. A razão principal porque estes edifícios não foram submetidos a análises detalhadas como os outros que se encontram neste capítulo foi a dificuldade de obter resultados conclusivos sobre sucessivas alterações. Isto deveu-se principalmente ao *software* em si, pois cada simulação demorava entre 4 a 7 horas, e nesse espaço de tempo não havia a possibilidade de continuar a trabalhar em outros projetos, já que o programa ficava bloqueado e não permitia a abertura de uma outra janela de trabalho paralela. Mesmo em computadores diferentes com partilha de uma mesma licença DesignBuilder, verificou-se que o programa não permitiu duas simulações em simultâneo.

A primeira simulação a mencionar é a de um edifício de escritórios em fase de projeto de sensivelmente 7.500 m². A imagem seguinte permite ter uma ideia do aspeto real do edifício:

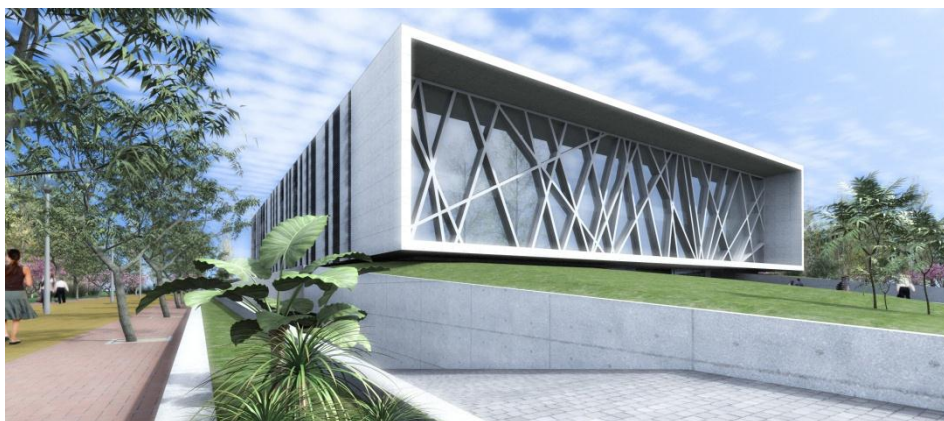


Figura 4.13 - Imagem virtual do edifício 1 a simular.

Teve-se o cuidado de fazer a simulação o mais parecido com a realidade, mas as características assimétricas do envidraçado principal são bastante difíceis de reproduzir, visto que o DesignBuilder não é um programa de arquitetura avançada e, por isso, não possui ferramentas para desenhos muito elaboradas.

Mesmo assim, a simulação dinâmica obtida apresenta um aspeto bastante semelhante à imagem virtual, como se pode ver na seguinte figura.

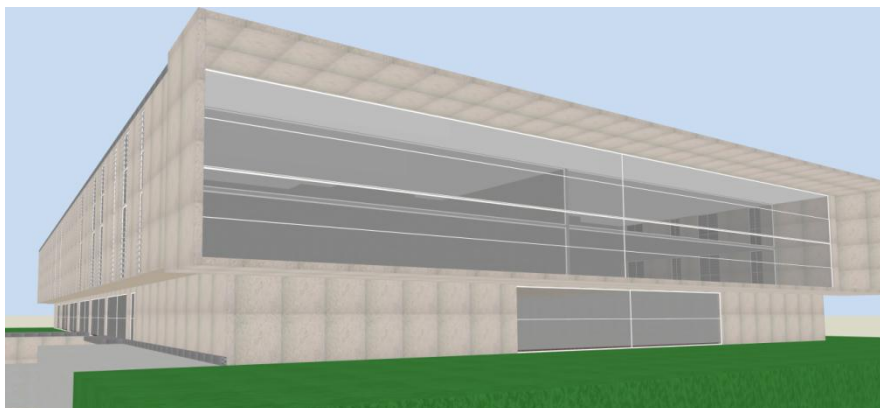


Figura 4.14 - Simulação em DesignBuilder do edifício 1.

O edifício 2 também se encontrava em fase de projeto, e deverá possuir características interessantes para efetuar alguns estudos, incluindo armazéns que operavam em condições de temperatura e de humidade bastante exigentes. Possuía uma área total de perto de 2200 m².

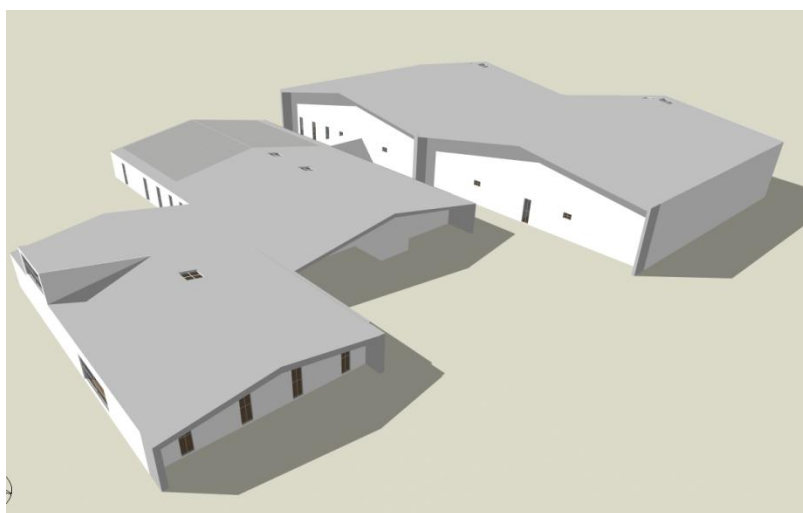


Figura 4.15 - Edifício 2.

A inclusão do estudo destes edifícios poder-se-ia revelar interessante por várias razões:

- Para verificar em casos reais qual tem sido a metodologia de construção mais comum e qual tem sido o seu peso na classificação energética;
- O estado da consciência atual da eficiência num projeto de um edifício, nomeadamente AVAC e iluminação, e se efetivamente existe;
- Possuindo o edifício 1 uma grande área de envidraçados, é um bom caso de estudo sobre o peso que pode ter este componente na performance térmica do edifício e também para comparar a diferença entre palas, estores venezianos e qualquer outro tipo de proteção.

Foram também elaborados testes e estudos a um leque de edifícios existentes. No entanto, possuindo todos estes edifícios grandes áreas de pavimento, o seu estudo, simulação e preparação de análises detalhadas iria revelar-se uma tarefa lenta e pesada, pelo que não foi possível elaborá-las.

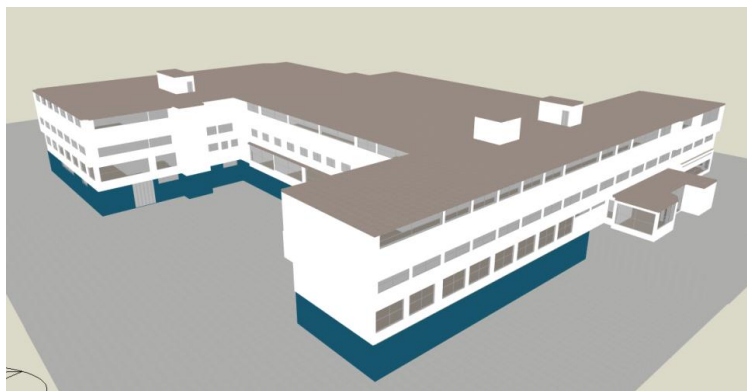


Figura 4.16 - Edifício 3.



Figura 4.17 - Edifício 4.



Figura 4.18 - Edifício 5.

A inclusão destas simulações poder-se-ia revelar interessante por várias razões:

- Para verificar a viabilidade de medidas de melhoria, podendo criar um padrão de atuação em edifícios existentes.
- Para verificar o estado da qualidade construtiva e também verificar a ocorrência da necessidade de um Plano de Racionalização de Energia, como era o caso do Edifício 4.

4.6 - Conclusão

Este capítulo incidiu unicamente sobre as simulações dinâmicas. O DesignBuilder revelou ser uma ferramenta bastante fidedigna e interessante para a tarefa, mas que não é indicada para a análise de vários casos em simultâneo, já que a sua simulação pode demorar várias horas. Pelas piores razões, destaca-se o RCCTE-STE, que, ao contrário do DesignBuilder, não é uma ferramenta clara e cativante, mas que pode ser utilizada em prol do DesignBuilder pois permite uma economia de tempo atrativa. Resumidamente, quanto maior for o caso de estudo, menos interessante será utilizar o RCCTE-STE, pois o DesignBuilder vai tornar a tarefa cada vez mais fácil, quando comparado com o programa português.

Quanto aos resultados obtidos, verificaram-se várias áreas de atuação interessantes, como a iluminação e a cobertura de um edifício plano, que permitiram grandes melhorias energéticas economicamente interessantes. De salientar que foi descoberto que duas simulações bastante semelhantes do mesmo software (neste caso 2.3.2 e 2.3.5) podem obter resultados diferentes, como se viu no capítulo 4.3.4. Também se encontraram grandes ambiguidades na determinação da tipologia de um edifício comercial, que pode levar a resultados imprecisos [capítulo 4.3.4].

Capítulo 5

Reflexão sobre o SCE

Durante a realização desta dissertação, foi adquirido muito conhecimento sobre o sistema que não teve a ver apenas com a realização da dissertação, mas sim com as rotinas de execução de tarefas na empresa, assim como através das trocas de impressões com os seus colaboradores. Assim, este saber, conjugado com o conhecimento teórico adquirido no Capítulo 3 e o prático do Capítulo 4, permitiu adquirir um espírito crítico sobre o tema que, incidindo sobre o SCE, permite reconhecer as características, virtudes e defeitos do regulamento em vigor.

O principal objetivo desta análise final a toda a estrutura da Certificação Energética é oferecer uma visão construtiva sobre o caminho que esta legislação ainda terá de percorrer, pois verifica-se que persistem muitas arestas por limar ao pacote SCE-RSECE-RCCTE. A argumentação que será construída neste capítulo pretende, de um modo despretensioso, apresentar alguns problemas encontrados, e seu eventual modo de resolução, que podem funcionar como uma ajuda para a próxima atualização à legislação.

5.1 - A Eficiência Energética

O que se pode concluir de todo o trabalho desenvolvido anteriormente é que, sucintamente, a eficiência energética dos equipamentos instalados num edifício que não pertençam à sua climatização não está intrinsecamente ligada com a classificação energética. A única consideração que o SCE lhes presta é contabilizá-los como consumidores de energia apenas para a verificação dos limites de consumo máximos. Vejamos então o porquê desta afirmação:

1. Como foi apresentado nas secções 3.3.1.6 e 5.4, os equipamentos instalados dentro do edifício que não pertençam a AVAC ou à iluminação não terão influência nenhuma

na avaliação do edifício, já que passaremos a utilizar perfis nominais constantes que generalizam a quantidade de equipamento dentro do edifício mediante o seu tipo de utilização. Na secção 4.3.4, também foi referido o mesmo assunto, em que a indefinição da tipologia a avaliar poderia influenciar drasticamente a classificação final; por isso, a utilização de equipamentos altamente eficientes ou a racionalização da sua utilização não farão nenhuma diferença na classificação;

2. A legislação quantifica todas as potências instaladas em W/m^2 , o que, principalmente no caso da iluminação, não diz absolutamente nada sobre a sua eficiência. Na secção 3.3.1.1, mostrou-se um exemplo de diferentes tipos de lâmpadas [ver Tabela 3.7] e, seguindo essa unidade de medida, podemos concluir que utilizar uma lâmpada incandescente de 60 W e uma fluorescente tubular de 58 W fornecerão aproximadamente a mesma densidade em W/m^2 , apesar de a segunda opção fornecer 7 vezes mais luminosidade que a primeira;
3. Ainda acerca da iluminação, pudemos constatar exemplos em que existiam excessos de iluminação instalada [v. secções 4.3.3.1 e 4.4.3.1]. Contudo esse problema só foi observável graças a uma postura pró-ativa na execução da auditoria pois não existe nenhuma referência na legislação de densidades de iluminação ideais para cada zona, e, por isso, nada que possa alertar para o facto de estarem a ser desperdiçadas quantidades enormes de energia. Também é de salientar que, apesar de não ter sido possível verificar em simulação, um edifício com iluminação insuficiente pode passar numa certificação pela mesma razão, mesmo que o bem-estar dos ocupantes esteja ameaçado.

Por outro lado, existem também boas práticas incutidas pela implementação do SCE:

4. A qualidade dos equipamentos AVAC utilizados em novas instalações aumentou consideravelmente, principalmente pela exigência de respeitar as exigentes regras do RSECE QAI: taxas de renovação por hora e concentrações de poluentes, aumentando, por sua vez, a qualidade da saúde dos seus ocupantes;
5. O agravamento de consumos adstritos à preparação de águas quentes sanitárias ineficientes, através de valores de referência que variam com tipo de sistema instalado e que podem vir a duplicar as necessidades globais do edifício, como se pôde ver na secção 3.3.1.5.

De um modo geral, voltando bastante atrás no documento (secção 3.3.1), podemos então constatar um facto importante: representando a iluminação e o equipamento 50% do consumo em edifícios em Portugal [ver Figura 3.4 e Figura 3.5], podemos afirmar que os aspetos negativos aqui referidos ignoram percentagens de consumos demasiado relevantes. De um modo leigo, sendo que estamos a falar de 27% do consumo nacional [ver Figura 2.16], a

legislação não presta grandes cuidados a 13,5% dos gastos energéticos nacionais. Esse valor já é alto, mas tendo em conta as considerações feitas em 3.3.1.4, que mostram que a intervenção em AVAC só deve ser considerada excecionalmente, é possível afirmar que, em existentes, a legislação não obriga a nenhuma atualização no âmbito da eficiência energética, desde que o edifício não ultrapasse o seu limite de consumo anual [v. 3.1.2]. Mesmo nesse caso, o SCE não tem em consideração qual a área de melhoria - mais uma vez, é teoricamente possível um edifício novo instalar reguladores de fluxo combinados com lâmpadas incandescentes, fazendo diminuir a potência instalada considerada (como visto em 4.3.3.1), mas mantendo uma eficiência do equipamento de iluminação escandalosamente baixa, o que vai contra toda a corrente das políticas energéticas vistas em 2.4.1.

Assim, sendo que grande parte dos certificados emitidos são para classificação de existentes [47] e que não existe nenhuma obrigação de atualização do seu equipamento, na prática, a certificação não obrigará que grande parte dos edifícios auditados sofra alguma alteração que melhore a sua performance energética. Esse facto é ainda mais incompreensível no caso dos PES [v. Capítulo 4.4.4], em que não existe nenhuma exigência quanto à quantidade de equipamento instalado, pois foi visto que um edifício totalmente vazio tem a mesma classificação que um transformado num *data center*.

Como se pôde ver no capítulo 4.2, a questão da iluminação já será contemplada na nova legislação, e espera-se com grande expectativa analisar como será atacada a resolução do problema.

5.2 - Problemas apontados ao sistema vigente

Durante a realização de todo o documento, foi sendo criado uma lista de problemas encontrados na legislação, que passarão a ser descritos neste mesmo capítulo. Os problemas serão explicados e, em situações que se justifiquem, serão apresentadas algumas propostas para os resolver ou atenuar.

5.2.1. As Classes da Classificação Energética.

Ao longo da fase de vida de qualquer tipo de imóvel, a sua classificação evoluirá inevitavelmente de novo para existente. Como já foi referido anteriormente [ver capítulo 2.4.2], a certificação energética tem um limite de B- no primeiro caso e não tem limite no segundo. Ora, o que irá acontecer com o passar dos anos é que, com transição do edifício de novo para existente, deixará de existir qualquer obrigatoriedade de classificação e, ainda mais grave, as condições que se exigem a um edifício com 3 anos serão exatamente as mesmas para um com 30 anos, o que não abona a favor do rigor que o sistema pretende impor. De modo a resolver esse problema, seria suficiente a criação de uma terceira categoria que exigisse um limite na variação do IEE, de modo a que proíba descidas de

classificação elevadas e, assim, manter o patamar da performance energética num nível geral tendencialmente crescente.

Um exemplo em que isto pode ocorrer é o surgimento de patologias na envolvente ou nos equipamentos AVAC que façam disparar o consumo energético e/ou a saída de funcionamento ou perda de rendimento de fontes de energia renováveis. Não existindo nenhum limite que obrigue o edifício a não manter um nível mínimo, poderia acontecer um edifício passar de A para C e continuar válido, sendo que, no entanto, o seu consumo piorou, do ponto de vista da eficiência energética, de um modo inaceitável. A simples proibição da variação de determinada percentagem de IEE faria com que o proprietário fosse obrigado a, no mínimo, manter a boa conservação do material existente, que pode, em alguns casos, diminuir a ocorrência de negligências quanto ao equipamento (AVAC, iluminação, painéis solares, etc.) e à envolvente.

5.2.2. A Utilização da unidade W/m^2 .

Este problema já foi mencionado anteriormente [ver ponto 2 do capítulo 6.2]. Sucintamente, o problema desta unidade consiste na falta de informação quanto à eficiência do equipamento instalado. O caso é mais agudo no caso da iluminação, pois podemos ter 60 W de lâmpadas LED ou incandescentes, que resultam em consumos iguais mas iluminações completamente diferentes. Assim, uma solução possível deste problema passa por adotar a unidade $W/(m^2 \cdot 100\text{lux})$, que já possui informações detalhadas sobre a iluminação. Sendo $1 \text{ lux} = 1 \text{ lúmen}/m^2$, pode-se verificar que a unidade é parecida com $W/\text{lúmen}$, que é o melhor modo de analisar o rendimento de uma lâmpada [ver Tabela 3.7]. No entanto, a utilização deste valor é mais complexa, pelo que será necessário desenvolver uma metodologia de cálculo (simples), acompanhada de uma tabela com níveis de iluminação *standard* por tipo de lâmpada, no caso de não existirem dados técnicos específicos sobre o equipamento instalado.

Um facto bastante interessante, e que corrobora a viabilidade desta medida, é que o *software DesignBuilder* possui a opção de introduzir a iluminação em ambas as unidades, pelo que, em termos de simulação, não ocorreria nenhum entrave ao processo de certificação atual. Foi também demonstrado em 4.3.3.1 que a não utilização desta unidade não permite simular corretamente a utilização de reguladores de fluxo, já que o programa não possuirá acesso a informação concreta sobre a quantidade de iluminação artificial produzida.

5.2.3. O fator iluminação.

Sendo a iluminação tratada no "aglomerado" de Q_{out} [v. Equação (3.11)], não existe nenhum cuidado especial com a iluminação em si. É frequente existirem iluminações inadequadas (verificadas nos casos 4.3 e 4.4) tanto com iluminação exagerada como também escassa (situação verificada em casos não tratados neste documento), que a legislação permite ignorar, mesmo que em causa esteja o bem-estar dos ocupantes. Sendo o RSECE QAI um regulamento que prima pelo bem-estar dos ocupantes, obrigando a manter temperaturas

e renovações do ar em níveis confortáveis para o ocupante, parece contraproducente não existir nenhum cuidado com a iluminação instalada. Assim, a obrigação de manter níveis de iluminação aceitáveis garantiria não só melhor qualidade ao ocupante como, em certos casos, tornaria obrigatório atuar sobre uma área que permite grandes vantagens económicas e energéticas, como foi demonstrado neste documento nos capítulos 3.3.1.1, 4.3.3.1 e 4.4.3.1. Isso poderia ser feito implementando uma tabela por tipo de utilização dos espaços, como a Tabela 3.9, que possuiria um valor base para cada tipologia, e que a iluminação não se desviava por defeito nem por excesso em demasia desse valor. Claro está que esta implementação tornar-se-ia ainda mais interessante se fosse combinada com o discutido no ponto anterior.

5.2.4. A fiscalização.

A fiscalização neste momento é um processo lento e pouco frequente e é elaborada por uma entidade também certificadora (Instituto Superior de Qualidade - ISQ), o que coloca algumas questões sobre a possibilidade de existência de conflitos de interesse. É um processo que pode demorar um ano e meio, o que, devido ao intervalo de tempo, pode incidir sobre processos que já se encontravam concluídos, o que dificulta a sua análise. Assim, além de ser necessário aumentar a frequência de fiscalizações, é indispensável agilizar este processo, de modo a não só manter a qualidade das ESCo existentes, como garantir que o Certificado Energético é a conclusão de um processo transparente, rigoroso e de qualidade.

Para garantir uma inspeção que englobe todos os processos, os principais alvos destas fiscalizações deverão ser processos de Grandes Edifícios e Serviços existentes, pois é o processo mais completo: são os únicos que englobam requisitos energéticos, de qualidade do ar e simulações dinâmicas multi-zona.

A fiscalização, para manter um nível de qualidade ótimo, terá ainda que possuir um carácter didático para os peritos qualificados: numa fase inicial, em vez de serem aplicadas punições, é muito mais importante analisar os erros cometidos ao longo do processo, de maneira a serem evitados no futuro. Claro está que este tipo de acompanhamento só será possível mudando o paradigma de fiscalização atual. Não pode incidir sobre processos antigos, em que todo o trabalho efetuado é uma memória vaga; tem que ser analisado à medida que o processo está a ser construído. A adoção desta metodologia diminuiria ainda a gravidade dos erros cometidos, já que, como o processo não se encontra concluído, não seria necessário refazê-lo por inteiro; atualmente, erros graves obrigam à “recertificação” completa do edifício, sendo que todos os encargos financeiros ficarão a cargo do Perito.

5.2.5. Indefinições quanto ao *software* a utilizar.

Como foi mencionado no Capítulo 5.2, as simulações em diferentes versões de software podem gerar resultados diferentes, o que corresponde uma falha quanto à efetividade das

simulações dinâmicas. O ponto 2 do artigo 30º do RSECE refere que a norma aplicável à acreditação de programas de simulação detalhados é a ASHRAE 140-2004, mas nada diz sobre versões mais ou menos adequadas. Assim sendo, através desta indefinição, torna-se possível a simulação com programas desatualizados e antiquados, desde que outrora tenham respeitado a norma ASHRAE 2004. Isso torna possível diferentes valores e classificações para a simulação [ver capítulo 4.3.4], o que transforma este processo em algo pouco rigoroso.

Imagine-se que um edifício possui uma DCR que, devido a questões do foro energético, ultrapassou os limites mínimos da legislação. Ora, a utilização de outro software poderá alterar esse valor, tornando o consumo dentro dos limites se, por exemplo, o cliente requerer os serviços de outra empresa certificadora. É óbvio que isto é uma situação hipotética, mas demonstra que existem diferentes níveis de rigor, principalmente se tivermos em atenção o ponto anterior, em que se refere que a fiscalização é escassa, logo não existe nenhum tipo de controlo de como são elaboradas as simulações, uma componente tão fundamental no sistema energético nacional [ver capítulo 3.1.2].

Verificando a legislação, só existe uma referência ao RSCCTE-STE 2005 [ver capítulo 5.2], pelo que não existe nenhuma alusão a se todas as versões superiores e se são adequadas para o processo ou não. O mesmo acontece com o Designbuilder: tanto é válido usar a versão 2.3, como qualquer outra versão superior ou inferior, o que, como já mencionado, darão resultados bem diferentes.

5.2.6. A falta de manutenção dos sistemas AVAC.

Este fator foi verificado aquando da realização de auditorias a edifícios existentes: não existe o mínimo cuidado com os sistemas AVAC, sendo que estes, em muitos casos, operam com situações higiénicas muito abaixo do recomendável, que seriam facilmente resolvidas com a obrigatoriedade de inspeções anuais ao equipamento não necessariamente ligadas às entidades certificadoras. Além da questão da higiene, a falta de cuidado pode ainda gerar consumos energéticos adicionais e menores durabilidades do equipamento, já que o equipamento pode operar em condições acima das nominais, criando sobreaquecimentos ou até mesmo avarias. Esta situação chama a atenção para a quantidade de edifícios que, por negligência dos proprietários, operam com sistemas de climatização antiquados, com rendimentos bastante baixos, em que a filosofia aplicada é *“se funciona, está em bom estado”*, o que está profundamente errado. A frase já mencionada no capítulo 3.2, *“um bom sistema sem manutenção torna-se rapidamente num mau sistema (falta de fiabilidade, falta de higiene, falta de rendimento)”* [57], sublinha isso mesmo e resume toda a problemática.

5.2.7. O método de cálculo utilizado para a limitação de consumos no RCCTE.

O problema já foi demonstrado no capítulo 4.4.4, em que se coloca em questão a correção dos métodos de cálculo analisados no capítulo 3.1.1. Recapitulando, existem

algumas incongruências quanto aos resultados obtidos em relação ao nível de qualidade utilizado na envolvente, que questionam a sua eficácia matemática. A ADENE já está ciente deste problema pois, como é mostrado no capítulo 3.4, a próxima atualização terá em conta a reformulação desta metodologia de cálculo.

No entanto, nada se refere quanto à questão da metodologia de cálculo das necessidades nominais máximas de aquecimento e arrefecimento. Atentando o ponto 2 do artigo 15º do RCCTE, verifica-se que o valor limite das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento é um valor constante que apenas varia com a localização geográfica do edifício. Este método não parece o mais correto, como foi demonstrado durante a execução deste documento pois existem várias variáveis que influenciam o consumo do edifício, sem que se lhes preste a devida atenção. Seria de esperar que, no mínimo, o fator de forma (que é considerado nas necessidades de aquecimento), ou a inércia térmica do edifício, tivessem influência neste limite. É legítimo, devido às suas características térmicas mais favoráveis, aplicar a um edifício com inércia térmica forte um limite máximo de consumo inferior a outro edifício, com as mesmas condições, mas com uma inércia térmica mais fraca.

5.2.8. O papel das renováveis no RCCTE.

De acordo com os cálculos avaliados no capítulo 3.1.1, a única referência matemática à utilização de fontes de energia renováveis ocorre no cálculo das necessidades de AQS, o que significa que, em termos de cálculo de classificação e de limites energéticos, não fará grande diferença a utilização destas fontes. A não promoção destes equipamentos representa uma grande lacuna quanto ao grande objetivo do *Energetic Performance Buldings Directive* (EPBD), que pretende criar o conceito de “*near-zero energy buildings*”. É muito importante inserir esta parcela no cálculo, como seria também de bom-tom utilizar fatores agravantes na utilização de equipamentos menos eficientes, como acontece ainda em AQS [ver capítulo 3.3.1.5]. Deste modo, além de promover a instalação de equipamento eficiente em todos os edifícios alvos de certificações, também zela por um maior cuidado na utilização racional de termoacumuladores. Medidas fáceis e baratas tornar-se-iam praticamente obrigatórias, como a implementação de interruptores horários que só fariam o equipamento funcionar nas horas em que é necessário.

5.2.9. Renováveis no RSECE.

A vantagem de utilização de renováveis é, em termos de cálculos, bastante insatisfatória. Seria de esperar maior peso desta componente em relação a todos os outros, já que a produção localizada pode trazer muitas vantagens, mas, em geral, o retorno económico não é uma delas. Aliás, foi verificado que o primeiro lançamento de legislação nem sequer tinha em consideração este fator, pelo que teve que ser corrigido mais tarde através das Perguntas e

Respostas da ADENE [46]. Um exemplo prático deste problema foi demonstrado no capítulo 3.3.1.4, aplicado a uma solução de *SolarWall*.

Assim, é urgente a atualização destes cálculos, utilizando fatores que beneficiem a produção desta energia. Por exemplo, fazendo com que a energia produzida por estes aproveitamentos seja multiplicada por um valor dinâmico superior a 1, beneficiaria a sua utilização de um modo bem mais interessante, que poderia perfeitamente anular o que aconteceu no caso *SolarWall* referido [ver capítulo 3.3.1.4].

5.2.10. Os caudais de renovação de ar.

Esta componente está inserida no RSECE e é uma forma de garantir a qualidade do ar. É inquestionável que garantir taxas de renovação de ar mínimas é um bom método de certificar que o ambiente interior de um edifício possui um ar com uma qualidade mínima, pois faz com que exista sempre um caudal de ar adequado que varia com o tipo de atividade executada pelos ocupantes. O grande problema que se verificou com os valores tabelados no anexo VI são que, na maior parte das vezes, a sua utilização leva a um sobredimensionamento do que realmente seria necessário. Assim, isto afeta várias questões: se a legislação obriga a respeitar valores sobredimensionados, isto fará aumentar consideravelmente a potência instalada, incorrendo por sua vez num sobredimensionamento. Por sua vez, o aumento da potência instalada levará ao aumento dos consumos relacionados com AVAC, que fará aumentar o IEE real e nominal considerado no ato da certificação. Assim, se estes valores não forem atualizados para valores mais modestos, o RSECE Energia e o RSECE QAI estarão a cometer uma ambiguidade na certificação energética: enquanto o primeiro obriga à redução do consumo, o segundo vai, desnecessariamente, aumentá-lo. Existe ainda a questão dos caudais mínimos para áreas de fumadores: supondo que determinada zona permite a presença de fumadores, a atual legislação obriga a considerar um valor astronómico como caudal mínimo de renovação de ar, que não tem em conta quantos fumadores irá na realidade englobar a área. Assim, uma zona com 5 fumadores terá o mesmo caudal mínimo que uma zona de 100 (como uma discoteca), o que levará obviamente à ocorrência de sobredimensionamentos.

Nas melhorias mencionadas pela ADENE [ver capítulo 4.2], a próxima atualização já terá em consideração este problema, pelo que os valores tabelados irão sofrer alterações, e a situação dos fumadores também passará a receber um tratamento mais cuidado.

5.2.11. A contabilização do equipamento.

Este caso foi referido e retratado várias vezes durante a execução deste documento [ver Capítulos 3.3.1.6 e 4.3.4]. Sucintamente, a única influência deste fator sobre toda a legislação é sobre o cálculo dos consumos anuais dos edifícios. De resto, caso esteja acima dos limites, não existe nenhum modo de atuar sobre este componente de modo a melhorar a sua classificação energética. Não existirá também nenhuma distinção classificativa entre um

edifício com uma parafernália de equipamentos e outro em que os ocupantes utilizem caderno e lápis para efetuar as suas tarefas. Sendo o SCE um descendente direto do Plano Nacional para a Ação da Eficiência Energética (PNAEE) [ver capítulo 2.4.1], é de esperar um maior cuidado com este fator. De resto, a questão da eficiência energética já foi abordada com detalhe no capítulo 5.1, pelo que voltar a abordar o tema será ambíguo.

5.2.12. Indefinições quanto à lógica dos espaços definidos no RSECE.

Durante a realização dos casos de estudo, este problema surgiu durante a classificação energética do “Edifício Superfície Comercial” [ver capítulo 5.3], em que, como foi demonstrado, a falta de clareza das tipologias do edifício poderão trazer classificações diferentes como foi demonstrado na secção 4.3.4. Além de outras possíveis indefinições, foram identificadas grandes dificuldades na atribuição de uma tipologia adequada aquando da certificação de residências sénior - é provável que se trate de um edifício com tipologia “Residencial - salas de estar e quartos”, mas a divergência de opiniões pode levar à aplicação de diferentes tipologias, como “Hotel de 3 ou menos estrelas”, que representa um caudal três vezes menor.

Assim, apesar de existir uma quantidade suficiente de tipologias, é necessário um pouco mais de informação sobre o que a legislação considera ser cada um deles, ou casos como os demonstrados podem acontecer com demasiada regularidade.

5.3 - Análise Global do SCE

Para elaborar uma análise final ao Sistema de Certificação Energética, é incontornável adotar uma visão económica sobre todo o sistema. Se não existirem condições económicas que o sustentem, não adianta criar legislações irrepreensíveis caso a procura de certificações for muito menor que a oferta - terá que existir sempre entidades prontas a elaborar certificações nas etapas em que estas são necessárias [ver capítulo 3.2] e dentro de um prazo conveniente. Por essa razão, as empresas de serviços energéticas (ESCo) são o suporte de toda a plataforma que tem vindo a ser analisada neste documento; serão elas que farão peritagens, auditorias, análises económicas, estudo de melhorias, análise à qualidade das soluções construtivas, entre outros. Por outro lado, são também uma forma de contribuir para o aumento da produtividade do país pois, além de serem responsáveis pela contratação de mão-de-obra qualificada, também influenciarão indiretamente empresas relacionadas com a eficiência energética, como do setor das energias renováveis, iluminação, construção, entre outros.

No capítulo 3.2, fez-se uma pequena abordagem ao valor do mercado energético português, no entanto esses dados incidiam sobre o ano de 2010, pelo que existe uma certa indefinição sobre como se terá desenvolvido o mercado após essa data. A Figura 5.1 mostra

que, a partir desse mesmo período, se iniciou uma tendência de abrandamento que, a não ser contrariada nos anos seguintes, poderá levar ao desaparecimento de parte da entidade económica que tem vindo a ser desenvolvida até aqui. Esse declínio deve-se em grande parte à atual conjuntura económica, que afeta seriamente muito países da Europa, entre eles Portugal. A questão que se coloca então é: qual o caminho a seguir pela próxima legislação? Será benéfico para toda a estrutura o aumento da frequência de certificação ou do seu rigor, numa altura em que a maioria das empresas em Portugal se debatem com problemas económicos?

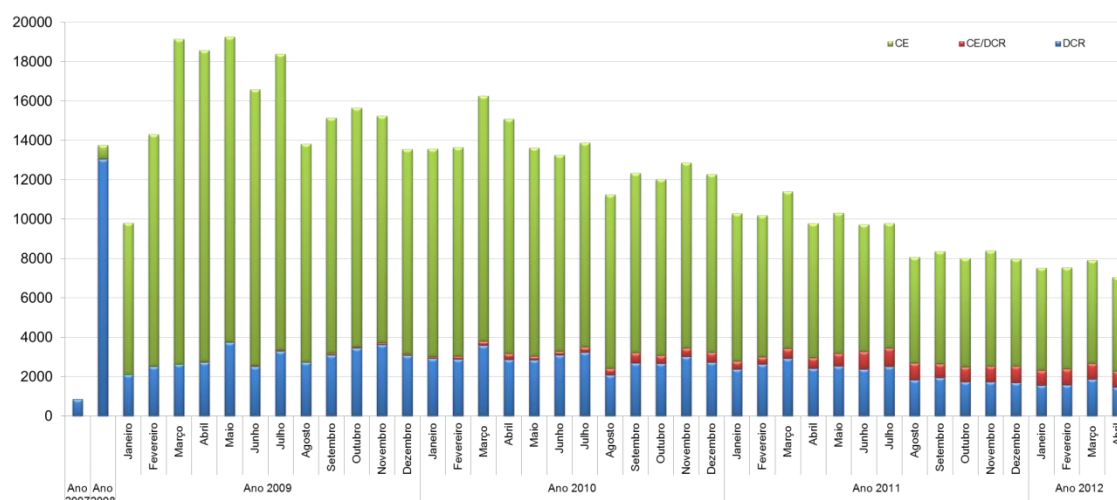


Figura 5.1 - Evolução da certificação de janeiro de 2009 a abril de 2012. [71]

Se, por um lado, o *cluster* das empresas de certificação energética se está a deparar com a diminuição da procura dos seus serviços (que se comprova com a constante diminuição de certificados emitidos da Figura 5.1), é necessário criar um método de estimular a rentabilidade dessas empresas, de modo a garantir a curto prazo a sua sobrevivência e, a médio e longo prazo, o seu desenvolvimento. Por outro lado, não adianta aumentar a intransigência das certificações porque, não existindo condições financeiras, isso poderá agravar ainda mais a tendência verificada no gráfico. Um facto é inegável: se as ESCo se cingirem apenas à certificação energética no âmbito do SCE, com o panorama atual, será impossível o aumento do seu valor de mercado, já que a diminuição de certificações nunca permitirá o seu crescimento sustentável.

Aquando da criação do SCE, o Estado Português utilizou o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública (Eco.AP) como estímulo a este setor, que pretendia certificar a maior parte dos edifícios de serviço públicos, funcionando em dois eixos distintos, mas complementares: a contratação de serviços às ESCo serviria como um estímulo ao crescimento económico do *cluster* e à redução do desperdício energético, com uma redução na fatura energética nos serviços e organismos públicos. No entanto, mais uma vez, a conjuntura económica em que o país mergulhou veio abrandar a aplicação dessa medida e a percentagem de edifícios públicos certificados não é significativa. A Figura 5.2 não permite

em concreto avaliar qual o peso do setor dos edifícios do Estado, no entanto podemos concluir que a maior parte dos processos que se encontram no gráfico anterior são no âmbito de RCCTE, que são os que trazem menores encaixes financeiros para as ESCo [ver Tabela 3.5], e muitas vezes elaborados por Peritos Qualificados em nome próprio.

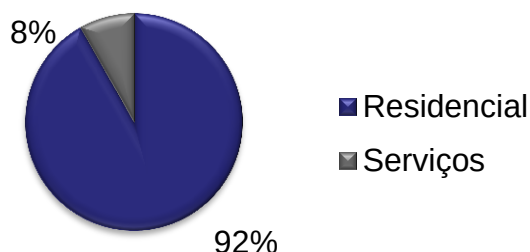


Figura 5.2 - Distribuição dos certificados

Perante a mais que provável estagnação do setor, as entidades competentes preparam uma alteração à legislação com o intuito de reformular o SCE, de modo a dar uma nova cor ao futuro cinzento das ESCo: aumentar a existência de certificações a Grandes Edifícios de Serviços (GES), diminuindo a área mínima necessária para obter esta classificação, que neste momento é de 1000 m², para 500 m² e, posteriormente, para 250 m² [ver ponto 11 do cap. 4.2]. Assim, como se apresentou na Tabela 3.5, o custo dos serviços praticados pelas ESCo subirá significativamente por cada Pequeno Edifício de Serviços (PES) que passe a ser classificado como GES, pelo que parece de facto uma medida interessante. Reserva-se algumas dúvidas quanto à ajustabilidade da medida do lado do cliente (os preços podem tornar-se inoportáveis), que pode ter exatamente o efeito contrário, fomentando uma redução ainda maior no número de certificações. Outra questão em relação a esta medida será se, passando a existir uma maior quantidade de edifícios a necessitar de serem auditados em termos energéticos e de qualidade do ar, as ESCo terão condições para suportar o inevitável aumento do tempo de conclusão de cada processo. Em larga escala, poder-se-á colocar questões sobre a capacidade das ESCo fornecerem este serviço ininterruptamente e sem afetar a qualidade do seu serviço.

Na incerteza de todas estas questões, mantém-se intacta uma convicção: o poder do Sistema de Classificação Energética dependerá principalmente da qualidade das ESCo que o suportem pois, sem empresas qualificadas a desempenhar este trabalho com eficácia, não importa a qualidade da revisão da legislação. Assim, a resposta para a pergunta anteriormente formulada é não, não faz sentido “apertar o cerco” aos edifícios, sendo que isso pode prejudicar o SCE, pois agrava a influência da atual conjuntura económica no sistema.

Quaisquer que sejam as respostas certas a este problema, estas terão que apontar em três direções: prosperidade das ESCo, maior promoção da eficiência energética e viabilidade

económica da própria medida, tendo a última maior importância que todas as outras, devido à débil situação económica já referida.

A maior promoção da eficiência energética será, teoricamente, a mais simples de implementar, pois passa por retificar e melhorar a legislação atual (capítulo 5.2), e, também, inserir ideias de qualidade e inovadoras que promovam, sem nunca esquecer a sua viabilidade, a utilização de equipamento mais eficiente. O seu potencial é visível nos seguintes gráficos.

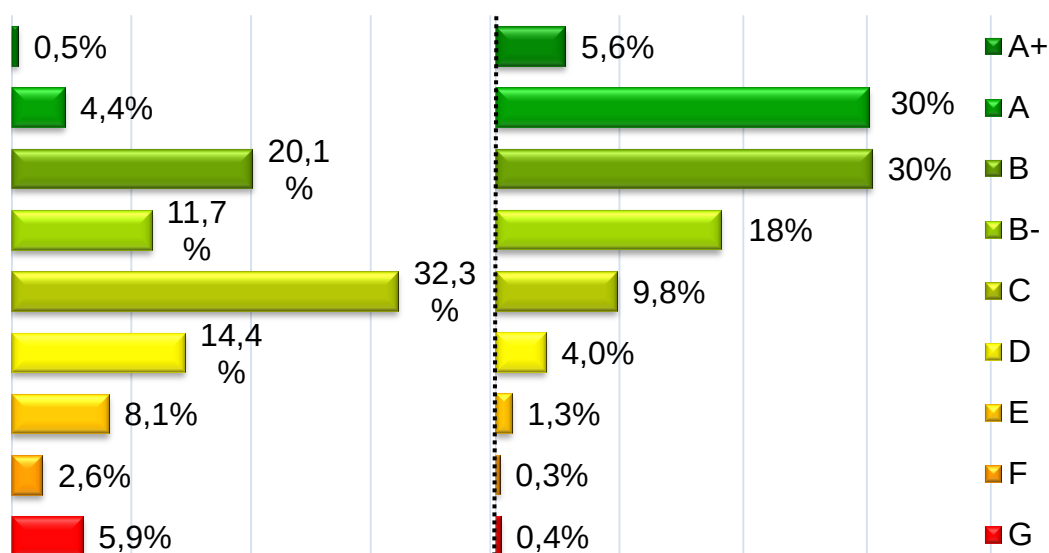


Figura 5.3 - Certificados emitidos VS potencial classificação com implementação de melhorias identificadas pelos PQ. [71]

A Figura 5.3 apresenta, à esquerda, as classificações emitidas a vários edifícios e, à direita, as classificações que os edifícios poderiam obter caso as melhorias identificadas pelo Perito Qualificado (PQ) fossem implementadas. Ou seja, sendo B- a classificação alvo do SCE [v. capítulo 2.4.2], pode-se concluir que 63% dos edifícios atuais estão abaixo dessa classificação, mas que, se lhes fossem aplicadas melhorias, essa percentagem passaria a 16%. A ideia da apresentação deste gráfico não é defender este potencial de melhoria, que provavelmente é irreal e utópico, mas alertar para o facto que existe um elevado potencial de aproveitamento de propostas de melhoria, que neste momento não é aproveitado. As figuras da página seguinte mostram os potenciais de melhoria identificados pelos Peritos nas certificações elaboradas, as quais corroboram grande parte do trabalho que foi desenvolvido durante a elaboração desta dissertação. De salientar que a iluminação é uma peça fundamental, já que 30% das medidas propostas tinham como alvo este campo.

Pode-se então, em jeito de conclusão, afirmar que um caminho fundamental da próxima legislação será obrigar à aplicação de medidas que se comprovem economicamente viáveis, garantindo a verificação de todos os eixos que foram apontados: aumenta-se garantidamente a eficiência energética de todo o parque edificado português, o cliente terá vantagens

económicas com essas medidas e a média da classificação energética ficará mais próxima do objetivo dos “*near-zero energy buildings*” já referidos.

Edifícios de Serviços

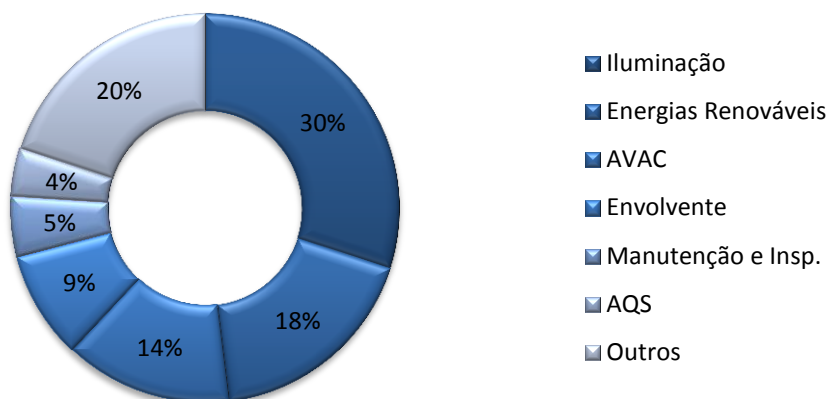


Figura 5.4 - Percentagem de propostas de melhoria identificadas em edifícios de serviços. [71]

Edifícios de Habitação

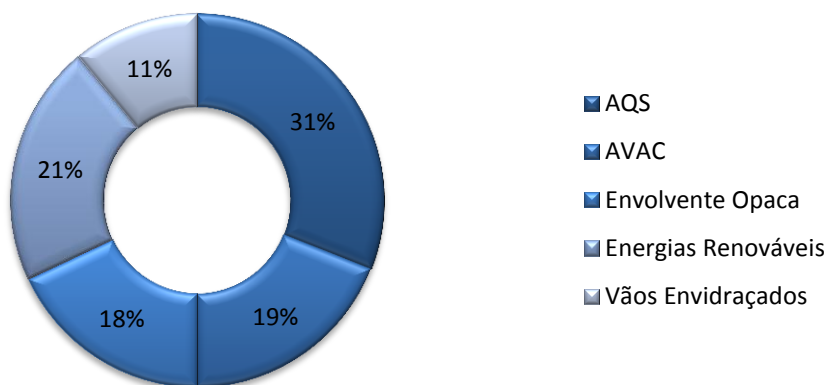


Figura 5.5 - Percentagem de propostas de melhoria identificadas em edifícios de habitação. [71]

Fica então por discutir a prosperidade das empresas energéticas (ESCo). Todo o *cluster* energético depende de variadíssimos fatores, mas subsiste uma ideia que parece ser mais sensata que todas as outras: assistiremos a uma crescente polivalência das ESCo. Estas empresas vão, por necessidade de evolução natural, aumentar o número de serviços que oferecem, como método de adaptação à realidade económica. Nem a certificação, nem a eficiência energética podem funcionar sem empresas que produzam e vendam equipamento que os promovam, e quanto melhor for a relação qualidade/preço desse equipamento, mais

naturalmente se registará um aumento da performance energética global. Aliando isto ao potencial de melhorias que foi verificado atrás, obtém-se uma zona que neste momento está timidamente explorada no território nacional. O aumento do elo de ligação entre ESCo e essas empresas poderá fazer crescer o valor de mercado de todo o *cluster* energético, já que aumentamos diferentes áreas: o poder de execução de tarefas das ESCo e os seus cash-flows, e as empresas que influenciam toda a indústria criada pelo SCE.

Supondo que as áreas de melhoria passam a ter um papel mais preponderante no SCE (como proposto no capítulo 5.2.3 para a iluminação), a ligação entre a empresa de equipamento, a ESCo e o cliente da certificação passará a ser cada vez mais importante, gerando as tais ligações entre empresas. Outra alternativa é as ESCo passarem a oferecer os serviços que anteriormente eram apenas de empresas específicas. Também será necessário, após aplicação de propostas de melhoria, a fiscalização da eficácia dos equipamentos instalados, já que, se uma ESCo promover a aplicação de determinada melhoria, os seus ganhos energéticos e económicos terão de ir de encontro ao estudo apresentado, de modo a garantir a qualidade dos estudos apresentados pela empresa.

De salientar que a questão económica é algo bastante profundo, pois não engloba apenas Portugal mas sim toda a estrutura económica mundial. Precisamos de implementar na economia atual a promoção do investimento em empreendimentos eficientes e mais ecológicos, que permitam obter lucros interessantes.

A nível governamental, existem neste momento cerca de 650 mil milhões de dólares [77] que são utilizados em subsídios de combustíveis fósseis, e, de modo a aumentar o interesse de investimentos ecológicos, bastaria que uma parte desses investimentos migrasse para as energias renováveis para garantir imediatamente uma maior rentabilidade. Será então indispensável a migração desses subsídios ou a criação de novos para as energias renováveis e eficiência energética, mas isso dependerá significativamente da evolução de mentalidades, tema que iniciou este documento.

A nível corporativo, as empresas não têm grande preocupação com a utilização de equipamentos eficientes, pelo que possuem uma posição neutra em relação à aplicação de uma nova “economia ecológica”. As empresas investirão naturalmente naquilo que lhes trazer maiores benefícios económicos. Novamente, os Governos terão um papel fundamental neste papel, pois a alteração na economia atual terá de incutir a preocupação ambiental nas empresas. É esta a principal preocupação que o SCE terá que englobar, e que, como foi defendido durante a dissertação, o atual pacote se esquece de promover.

Concluindo, veio-se a demonstrar que a legislação que atualizará e, eventualmente, substituirá os atuais RSECE, RCCTE e SCE, terá que ter vários fatores em questão, e a análise não poderá incidir apenas no SCE em si mas em toda a estrutura que o suporta. A reformulação terá que ter em conta a atual conjuntura económica e a sua previsão de

evolução a curto e médio prazo, já que esta afeta seriamente o desempenho dos novos Decretos-Lei que poderão vir a ser ratificados.

Capítulo 6

Conclusões

Neste documento foi analisada detalhadamente toda a legislação do Sistema de Certificação Energética (SCE), tendo sempre em consideração a atualização que está para ser lançada. Com a elaboração de todo o trabalho efetuado nos capítulos 2, 3 e 4, permitiu-se não só fazer uma introspeção sobre toda a estrutura do SCE, mas também do *cluster* criado pelas EScO nacionais. A secção 5.1 chama a atenção para a falta de cuidado com a eficiência energética nos equipamentos não-AVAC que se observa no SCE, facto que pode ser amplamente melhorado com as devidas alterações na legislação que foram apresentadas nos capítulos 3 e 4. Na secção 5.2 foram descritas alguns problemas relacionados com a legislação, que, na ótica do autor, necessitam de uma intervenção/revisão urgente no próximo pacote SCE a lançar em breve. Por último, na secção 5.3 é apresentado um prognóstico da performance futura do setor das empresas de serviços energéticos em Portugal, adotando uma visão técnico-económica de toda a estrutura e tendo como apoio as alterações à legislação compiladas em forma de lista, em 3.4.

Como previsão de trabalho futuro, seria interessante ter explorado mais o capítulo 4 que incidia sobre a simulação, que é um campo importantíssimo no SCE. Seria interessante ter aplicado várias melhorias aos edifícios descritos em 4.5 e analisar os resultados obtidos, por forma a permitir identificar padrões de comportamento do *software*, criando um sumário de alterações e suas implicações na classificação atual. Esta questão não foi possível por razões de tempo: todos os edifícios possuem grandes áreas, logo o seu estudo é muito complexo e a sua simulação muito demorada.

Seria também interessante ter realizado simulações do mesmo edifício com diferentes softwares, e até explorar com mais detalhe a situação de obter resultados diferentes com diferentes versões do mesmo software, de modo a quantificar as variações na classificação que isso poderia gerar, como foi feito em 4.3.4.

O capítulo 5, que possui uma reflexão sobre o SCE, será de grande interesse para a comparação do SCE atual com as soluções adotadas no seu sucessor. A leitura deste documento dá pistas sobre as principais comparações a realizar, de modo a concluir sobre a qualidade do novo pacote legislativo.

Por último, é importante referir que a elaboração deste documento em ambiente empresarial teve um papel fulcral em todo o processo de aprendizagem ao longo dos cinco meses em que foi elaborado esta Dissertação. A assimilação de conhecimento através da interação com pessoas que trabalham há vários anos nesta área, assim como a possibilidade de estar em contacto com o estudo de casos reais, foram uma mais-valia a todos os níveis. Certamente que, em ambiente académico, os resultados acabariam por ser menos completos e abrangentes, já que não haveria acesso à mesma riqueza de informação, como documentos e informações sobre a certificação e todas as suas etapas aplicados em casos reais.

Referências

- [1] *Global Footprint Network*, de 4 de abril de 2011. Disponível em http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/gfn/page/footprint_basics_overview/. Acedido em 3 de abril de 2012.
- [2] ONU. *Report of the United Nations Conference on the Human Environment*. Stockholm, 1972. Disponível em <http://www.biblebelievers.org.au/gc1972.htm>
- [3] U.S. Energy Information Administration. *U.S. Crude Oil First Purchase Prices*, de 11 de janeiro de 2011. Disponível em http://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pets&s=f000000__3&f=a. Acedido em 5 de março de 2012.
- [4] Jonas, Hans. *O Princípio da Responsabilidade*. Contraponto Editora, 2006. 1ª Edição. ISBN 858-5-910-844
- [5] World Commission on Environment and Development. *Our Common Future*. 1987. ISBN 019-2-820-808
- [6] Autores, Vários. *Políticas Energéticas*. Porto: FEUP, 2011.
- [7] United Nations. *Demographic Yearbook*. New York: United Nations, 2011. ISBN 978-92-1-051104-9
- [8] Enerdata. “Global Energy Statistical Yearbook 2011.” *World Energy Statistics*. Disponível em: <http://yearbook.enerdata.net>, acedido em 12 de março de 2012.
- [9] The World Bank. Disponível em <http://data.worldbank.org>. Acedido em 12 de março de 2012.
- [10] International Energy Agency. *World Energy Outlook 2010*. France, 2010. ISBN 978-92-64-086624-1.
- [11] *Venezuela afirma ter maiores reservas de petróleo*. 19 de janeiro de 2011. Disponível em: http://www.istoedinheiro.com.br/noticias/47143_VENEZUELA+AFIRMA+TER+MAIORES+RESERVAS+DE+PETROLEO, Acedido em 4 de abril de 2012.
- [12] United Nations. “World Population to 2300.” New York, 2004.
- [13] U.S. Energy Information Administration. “International Energy Outlook 2011.” 2011. Disponível em: <http://205.254.135.7/forecasts/ieo/>

- [14]BBC News. *Germany: Nuclear power plants to close by 2022*. 30 de 5 de 2011.
Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/news/world-europe-13592208>, Acedido em 15 de março de 2012.
- [15]Kanter, James. *Switzerland Decides on Nuclear Phase-Out*. 25 de maio de 2011.
Disponível em <http://www.nytimes.com/2011/05/26/business/global/26nuclear.html>, Acedido em 13 de março de 2012.
- [16]Kennedy, Duncan. *Italy's atomic shift on nuclear power*. 11 de Junho de 2011.
Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/news/world-europe-13732050>, Acedido em 15 de março de 2012.
- [17]United Nations. *Kyoto Protocol Intro*. Disponível em:
http://unfccc.int/essential_background/kyoto_protocol/items/6034.php, acedido a 15 de março de 2012.
- [18]Black, Richard. *Kyoto treaty in the balance*. 29 de Setembro de 2003. Disponível em: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/3149188.stm>, Acedido em 15 de março de 2012.
- [19]Energy Information Association. "Emissions of Greenhouse Gases in the United States 2007." Washington, DC, 2008. Disponível em <ftp://ftp.eia.doe.gov/pub/oiaf/1605/cdrom/pdf/ggrpt/057307.pdf>
- [20]Bloch, Michael. *What is the Kyoto protocol?* Disponível em:
<http://www.carbonify.com/articles/kyoto-protocol.htm>, acedido em 19 de março de 2012.
- [21]International Issues. *The Kyoto Protocol on Climate Change: History & Highlights*. 1 de fevereiro de 2007. <http://www.mapleleafweb.com/features/kyoto-protocol-climate-change-history-highlights>, acedido em 29 de março de 2012.
- [22]*Canada to withdraw from Kyoto Protocol*. 13 de dezembro de 2011. Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/news/world-us-canada-16151310>, acedido em 15 de março de 2012.
- [23]International Energy Agency. "*CO₂ Emissios From Fuel Combustion: Highlights*". France, 2011. Disponível em <http://www.iea.org/co2highlights/co2highlights.pdf>
- [24]*Energy efficiency for the 2020 goal*. 29 de 03 de 2009. Disponível em: http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/en0002_en.htm, acedido em 15 de março de 2012).
- [25]*The EU climate and energy package*. 18 de 10 de 2010. Disponível em: http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm, acedido em 15 de março de 2012.
- [26]*Pacote clima-energia: três "vintes" até 2020* de 17 de dezembro de 2008. Disponível em: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+IM-PRESS+20081208BKG44004+0+DOC+XML+V0//PT>. Acedido em 19 de março de 2012.

- [27]Dessau-Roßlau. *Energy goal for 2050: 100% renewable electricity supply*. 07 de julho de 2010. http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse-e/2010/pe10-039_energy_goal_for_2050_100_percent_renewable_electricity_supply.htm,
acedido em 19 de março de 2012.
- [28]Brown, Lester. *Plan B 4.0*. Unites States of America: Earth Policy Institute, 2009. ISBN 978-0-393-07103-0.
- [29]USA TODAY. *It's lights out for traditional light bulbs*. 12 de 16 de 2007. Disponível em: http://www.usatoday.com/money/industries/energy/environment/2007-12-16-light-bulbs_N.htm,
acedido em 19 de março de 2012.
- [30]Económico. Governo quer taxar a entrada de carros nas grandes cidades. 4 de agosto de 2011. Disponível em: http://economico.sapo.pt/noticias/governo-quer-taxar-entrada-de-carros-nas-grandes-cidades_124024.html,
acedido em 3 de abril de 2012.
- [31]Público. Carros mais poluentes proibidos na Baixa de Lisboa a partir do Verão. 20 de janeiro de 2011. Disponível em: http://www.publico.pt/Local/carros-mais-poluente-proibidos-na-baixa-de-lisboa-a-partir-do-verao_1476307,
acedido em 5 de abril de 2012;
- [32]ScienceDaily. *Record Efficiency of 18.7 Percent for Flexible Solar Cells On Plastics*. 19 de maio de 2011. Disponível em:
<http://www.sciencedaily.com/releases/2011/05/110519101355.htm>,
acedido em 21 de março de 2012.
- [33]INE/DGEG. *ICESD 2010 - Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico 2010*. Lisboa, 2011. Disponível em <http://www.ine.pt>
- [34]“Resolução do Conselho de Ministros n.º 104/2006.” In *Diário da República*, 1.ª série, 6042-6056. 2006. Disponível em www.dre.pt
- [35]“Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005.” In *Diário da República - I Série - B*, 6168-6176. 2005. Disponível em www.dre.pt
- [36]Estratégia Nacional para a Energia 2020 (ENE 2020). 6 de agosto de 2010. Disponível em: <http://www.byenergy.pt/estrategia-nacional-para-a-energia/>,
acedido em 3 de abril de 2012.
- [37]“Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética - Portugal Eficiência 2015.” In *Diário da República*, 1ª Série, 2824-2865. 2008. Disponível em www.dre.pt
- [38]“Decreto-Lei n.º 80/2006.” In *Diário da República - I Série A*, 2468-2513. 2006.
- [39]“Decreto-Lei n.º 79/2006.” In *Diário da República - I Série - A*, 2416-2468. 2006.
- [40]“Decreto-Lei n.º 78/2006.” In *Diário da República - I Série A*, 2411-2415. 2006.
- [41]Portal das Energias Renováveis. 22 de 3 de 2012. Disponível em:
<http://www.energiasrenovaveis.com>,
acedido em 29 de março de 2012.

- [42]“Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho.” In *Jornal Oficial da União Europeia*, de União Europeia, 153/13-153/35. 2010.
- [43]DGEG. “Balanço Energético 2010“, acedido em 5 de maio de 2012. Disponível em <http://www.dgeg.pt/>.
- [44]“ADENE - Agência para a Energia”, acedido em 12 de abril de 2012. Disponível em <http://www.adene.pt/>.
- [45]Louro, Eng.º Arlindo M. *Eficiência Energética em edifícios*. Disponível em: <http://www.voltimum.pt/news/793/cm/eficiencia-energetica-em-edificios.html>, acedido em 30 de março de 2012.
- [46]ADENE. “Perguntas & Respostas sobre o RSECE - Energia Versão 2.0.” ADENE. Maio de 2011. Disponível em: http://www.adene.pt/pt-pt/form/RCCTE/Documents/Documentacao/PRRSECE_Energia_20.pdf, acedido em 2 de abril de 2012).
- [47]Casa Certificada. Disponível em <http://www.casacertificada.pt/>, acedido em 30 de março de 2012.
- [48]APEMIP. Associação dos *Profissionais e Empresas de Mediação Imobiliária de Portugal*. Disponível em: <http://www.apemip.pt/LinkClick.aspx?fileticket=6a2derZjUrY%3D&tabid=151&language=pt-PT>, acedido em 30 de março de 2012.
- [49]ADENE. “Perguntas & Respostas sobre o RCCTE - Versão 2.0.” ADENE. Maio de 2011. Disponível em: <http://www.adene.pt/>, acedido em 30 de março de 2012.
- [50]*Implementação da EPBD em Portugal*. 2010. Disponível em: <http://www.ideal-epbd.eu>, acedido em 30 de março de 2012.
- [51]ADENE. “Perguntas & Respostas sobre o SCE - Versão 1.2.” ADENE. 03 de 2009. Disponível em: <http://www.adene.pt/>, acedido em 30 de março de 2012.
- [52]*Building Technologies Program*. 13 de janeiro de 2012. Disponível em: http://www1.eere.energy.gov/buildings/qualified_software.html, acedido em 02 de abril de 2012.
- [53]*Existing Buildings - Reducing Heat Losses*. 10 de outubro de 2011. Disponível em: http://www.action21.co.uk/existing_buildings.html, acedido em 11 de maio de 2012.
- [54]“Despacho n.º 10250/2008.” In *Diário da República - 2.ª Série*, pág. 15550 a 15556. 2008.
- [55]*EEB - Energy-Efficient Building PPP - Multi-annual Roadmap and Longer Term Strategy*, European Commission, 2010.
- [56]*Status Report 2010. Services Companies Market in Europe*. Luxemburgo, 2010. ISBN 978-92-79-16594-8
- [57]“*Mais qualidade nas instalações?*” In *Climatização*, edição de janeiro de 2011.

- [58]Buildings Performance Institute Europe (BPIE) , “*Europe’s Buildings Under the Microscope - A country-by-country review of the energy performance of buildings*”, outubro de 2011.
- [59]“*Tabelas de preços - Iluminação Geral e Luminárias*”. OSRAM, maio de 2010.
Disponível em www.osram.pt
- [60]“*Tabela de Preços de Lâmpadas e Equipamentos*”. Philips, abril de 2010 - Portugal.
Disponível em www.philips.pt
- [61]“*Sensibilização para a Iluminação Eficiente em Edifícios*”. AGENE/ADENE/DGEG,
disponível em <http://www.adene.pt/>.
- [62]“*LedRise - Candela / Lux Calculator*”. LedRise. Acedido em 5 de junho de 2012, em
http://www.ledrise.com/shop_content.php?colD=18.
- [63]“Desempenho Energético, Térmico e Acústico de Soluções Construtivas - Parâmetros a ter em Consideração”. ITeCons e Universidade de Coimbra, março de 2012.
- [64]Freitas, V.; Guimarães A.; Ferreira, C.; Alves, S. “*Edifícios Existentes - Medidas de Melhoria de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior*”, ADENE, março de 2011, ISBN 978-972-8646-16-5.
- [65]“*Tegral Buildings Project - SolarWall System*”. Tegral. Consultado em 28 de maio de 2012, e disponível em <http://www.tegral.com/index.php?page=Solarwall>.
- [66]U. S. Department of Energy, “*Tax Deduction Qualified Software - DesignBuilder version 3.0.0.105*”, março de 2012.
- [67]U. S. Department of Energy, “*Tax Deduction Qualified Software - EnergyPlus version 7.0.0.036*”. U.S. Department of Energy, dezembro de 2011.
- [68]U. S. Department of Energy, “*Tax Deduction Qualified Software - Hourly Analysis Program (HAP) version 4.50*”, julho de 2012.
- [69]U. S. Department of Energy, “*Tax Deduction Qualified Software - TRACE 700 version 6.2.8*”, abril de 2012.
- [70]Ramalhão, A. “*Adaptação da metodologia de cálculo do RCCTE à determinação da potência dos sistemas de climatização dos edifícios residências*”, In Ingenium nº 28 de março/abril de 2012, pág. 84 a 87.
- [71]Alpalhão, F. “*Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)*”, VI Jornadas Tecnológicas, 16 de maio de 2012.
- [72]“*Directiva 2010/31/EU do Parlamento Europeu e do Conselho (reformulação)*”, Jornal Oficial da União Europeia, 19 de maio de 2010, pág. L 153/13 a L 153/35
- [73]Pinto. M. “*Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)*”, Seminário Qualidade do A Interior em Espaços Públicos. 8 de fevereiro de 2012.
- [74]Burton, M. “*Sustainability: utopian and scientific*”, In 21st Century Socialism, 1st of august 2009. Disponível em:

http://21stcenturysocialism.com/article/sustainability_utopian_and_scientific_01880.html, e acedido em 16 de junho de 2012.

- [75]Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, “*Plano de Promoção da Eficiência no Consumo da Energia Elétrica*”, Lisboa, 2010, ERSE.
- [76]Valter Silva, D. M. “*Legislação Portuguesa para a Promoção da Eficiência Energética*”, 2004/2005, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- [77]Sukhdev, P. “*Verde, a cor da economia do amanhã*”, In Sociedade das Nações, SIC Notícias, transmitido em 17 de junho de 2012, às 11h30.
- [78]Raimundo, A. “IEE RSECE”, Versão 1.25 de 10-10-2009, disponível em <http://www2.dem.uc.pt/cursos.sce/>, separador “Software”.
- [79]“Decreto-Lei n.º 118-A/2010”, In Diário da República, 1ª Série N.º 207, 25 de outubro de 2010.
- [80]“Decreto-Lei n.º 363/2007”, In Diário da República, 1ª Série N.º 211, 2 de novembro de 2007.